

# Plantas Daninhas

Palestras apresentadas no  
I Simpósio Internacional Amazônico  
sobre Plantas Daninhas



Belém, Pará, 20 a 22 de novembro de 2007

Editores Técnicos:

Antonio Pedro da Silva Souza Filho

Décio Karam

1ª edição

Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil  
Novembro de 2007

**SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS  
DANINHAS**

**EMBRAPA MILHO E SORGO  
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL**



**Plantas Daninhas**

Palestras apresentadas no I Simpósio Internacional Amazônico  
sobre Plantas Daninhas

Belém, PA, 20 a 22 de novembro de 2007

632.5  
5632 P

PC

**Editores Técnicos**

**Antonio Pedro da Silva Souza Filho,**

Eng. Agrônomo, D.Sc., em Ecologia Química

Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

**Décio Karam,**

Eng. Agrônomo, D.Sc. em Manejo e Controle de Plantas Daninhas

Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

Sete Lagoas, MG, Brasil

2007

2008.00003

## Promoção

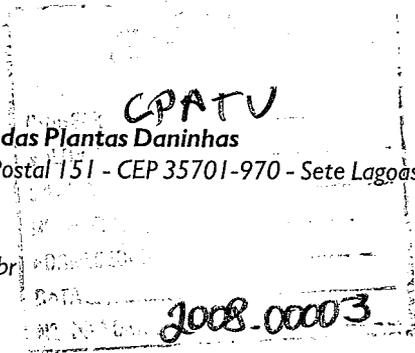
### Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas

Rodovia MG 424 - Km 65 - Caixa Postal 151 - CEP 35701-970 - Sete Lagoas, MG

Telefax: (31) 3779 1086

Home page: [www.sbcpd.org](http://www.sbcpd.org)

E-mail: [secsbcpd@cnpms.embrapa.br](mailto:secsbcpd@cnpms.embrapa.br)



## Realização

### Embrapa Milho e Sorgo

Rodovia MG 424 - Km 65 - Caixa Postal 151 - CEP 35701-970 - Sete Lagoas, MG

Telefone: (31) 3779 1000 - Fax: (31) 3779 1088

Home page: [www.cnpms.embrapa.br](http://www.cnpms.embrapa.br)

E-mail: [sac@cnpms.embrapa.br](mailto:sac@cnpms.embrapa.br)

### Embrapa Amazônia Oriental

Trav. Dr. Enéas Pinheiro s/nº - Caixa Postal, 48 - CEP 66095-100 - Belém, PA

Telefone: (91) 3204-1000 - Fax: (91) 3276-9845

Home page: [www.cpatu.embrapa.br](http://www.cpatu.embrapa.br)

E-mail: [sac@cpatu.embrapa.br](mailto:sac@cpatu.embrapa.br)

Editoração eletrônica: *Lívia Costa e Silva/Tânia Mara Assunção Barbosa*

## 1ª edição

1ª impressão (2007): 500 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei Nº 9.160).

CIP. Brasil. Catalogação-na-publicação.

SBCPD

---

Simpósio Internacional Amazônico sobre Plantas Daninhas ( I. : 2007:Belém, PA).

Plantas daninhas : palestras apresentadas na I Simpósio Internacional Amazônico sobre Plantas Daninhas, Belém, PA, 20 a 22 de novembro de 2007 / editores técnicos Antonio Pedro da Silva Souza Filho, Décio Karam; Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, Embrapa Milho e Sorgo, Embrapa Amazônia Oriental. – Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007.

255 p.; 15,5 cm. ISBN: 9788598410029

I. Planta daninha. I. Souza Filho, Antonio Pedro da Silva, ed. tec. II. Karam, Décio, ed. tec. III. Simposio Internacional Amazônico sobre Plantas Daninhas (I.: 2007, Belém, PA ). IV. Título.

CDD: 633.15

---

© Embrapa 2007

**SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS**  
**Gestão 2006 - 2008**

**Diretoria**

Presidente: Décio Karam  
1º Vice-Presidente: Maria Helena Tabim Mascarenhas  
2º Vice-Presidente: Francisco Affonso Ferreira  
1º Secretário: Elifas Nunes de Alcântara  
2º Secretário: Tarcisio Cobucci  
1º Tesoureiro: Nestor Gabriel da Silva  
2º Tesoureiro: João Baptista da Silva

**Conselho Consultivo**

Robert Deuber  
Júlio César Durigan  
Dionísio Luís Pisa Gazziero  
Ricardo Victoria Filho  
Marcus Barifouse Matallo  
Roberto José de Carvalho Perreira  
Luis Lonardoní Foloni

**Conselho Fiscal**

Edson Begliomini  
Edivaldo Luiz Panini  
Antonio Alberto da Silva

**Suplentes**

Maurílio Fernandes de Oliveira  
Lino Roberto Ferreira  
Neimar de Freitas Duarte

**Representantes Regionais**

Região Norte: Antonio Pedro da Silva Souza Filho  
Região Nordeste: Francisco Cláudio Lopes de Freitas  
Região Centro: Oeste: Eliane Regina Archangelo  
Região Sudeste: Cleber Daniel de Góes Maciel  
Região Sul: Aldo Merotto Júnior

**Relações Intenacionais**

Robinson Antonio Pitelli  
Ulisses Rocha Antuniasse  
João Baptista da Silva  
Pedro Luis da Costa Aguiar Alves

# APRESENTAÇÃO

O crescimento populacional vem estimulando a geração e adoção de tecnologias para o aumento da produtividade agrícola. Um dos fatores que contribuem para a redução da produção é a competição imposta pelas plantas daninhas. Embora a geração de conhecimentos para o controle destas seja intenso, as plantas daninhas continuam sendo um dos grandes problemas na agricultura mundial.

A presente obra, elaborada de forma conjunta entre a Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, a Embrapa Milho e Sorgo e a Embrapa Amazônia Oriental, contempla a necessidade da demanda por conhecimentos técnicos para a implantação do Manejo Integrado de Plantas Daninhas. Esta publicação traz o que há de mais atual e tecnicamente recomendado para que o Manejo Integrado seja utilizado de forma ambientalmente e socialmente mais correta.

Décio Karam  
Presidente SBCPD  
Gestão 2006-2008

# Prefácio

Em regiões tropicais, como é o caso da Região Amazônica, o sucesso agrônômico e econômico da chamada agricultura moderna está atrelado à adoção de um conjunto de práticas agrícola que visam garantir produtividade elevada, preços competitivos e produtos de qualidade. Tais práticas, envolvem tanto o uso de fertilizantes como de técnicas de controle de pragas de importância econômica. Com a presença cada vez mais enfática da chamada globalização, a eficiência dos processos produtivos aliado à preservação dos recursos naturais é a senha para o sucesso de toda e qualquer atividade de produção.

Nesse contexto, o controle das plantas daninhas que infestam os sistemas produtivos na Região Amazônica, merece especial atenção, face aos prejuízos que causam à agricultura. Embora haja consenso de que as plantas daninhas se constituem no principal problema de ordem bio-econômica a limitar o desempenho da atividade agrícola na Amazônia, estas não têm recebido a atenção que merecem dos diversos segmentos do setor primário. Na grande maioria dos sistemas de produção, todo o manancial de técnicas utilizadas no controle dessas plantas está restrito ao uso - sem controle e sem os cuidados devidos - de produtos químicos, os chamados herbicidas.

Muitos dos problemas relacionados à baixa eficiência dos métodos de controle empregados pelos produtores se devem tanto à falta de mão-de-obra qualificada para identificar e propor soluções para os diferentes casos como, também, ao pouco conhecimento da biologia e sinérgica das espécies que compõem a comunidade infestante. A ação conjunta desses problemas deságua na repetição exaustiva dos procedimentos e no aumento

do volume de herbicidas, gerando, conseqüentemente, problemas de ordem ambiental e insatisfação de ordem social.

A Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas – Representação Região Norte, ao planejar e realiza o **I Simpósio Internacional Amazônico sobre Plantas Daninhas**, reunindo renomados especialistas nacionais e internacionais, de diferentes áreas do conhecimento relativo ao tema, espera contribuir, de forma decisiva, para reversão do atual cenário. As diferentes palestras compiladas neste livro de anais, apresentam, no seu todo, diferentes técnicas e procedimentos modernos, que podem redundar na melhoria e na eficiência dos processos de controle e manejo das plantas daninhas na Amazônia, permitindo, dessa forma, maiores garantias de sucesso na convivência e no manejo dessa importante praga da agricultura tropical.

**Antonio Pedro da Silva Souza Filho**

SBCPD – Representante da Região Amazônica

Embrapa Amazônia Oriental

# Sumário

<b>I- Importância do ensino da disciplina de plantas daninhas na formação dos profissionais da área agrícola</b> <i>Décio Karam</i> .....	9
<b>II- Glyphosate como Alternativa de Controle de Plantas Daninhas em Pós-Emergência na Soja Transgênica</b> <i>Dionisio Luiz Pisa Gazziero, Fernando Adegas, Elemar Voll</i> .....	19
<b>III- As Plantas Daninhas na Região Amazônica: Estado da Arte</b> <i>Paulo Júlio da Silva Neto</i> .....	31
<b>IV- Situación de la Malherbología en Chile</b> <i>Alberto Pedreros L.</i> .....	67
<b>V- Análisis de riesgo de plaguicidas en sistemas agrícolas: caso de su uso en frutales y hortalizas en el centro de Colombia</b> <i>Cilia L. Fuentes</i> .....	81
<b>VI- Visión General del problema de malezas en Venezuela</b> <i>Alvaro Anzalone</i> .....	121
<b>VII- Efeito de plantas daninhas na produtividade de pastagens</b> <i>Moacyr Corsi, Mariana P. Andreucci, Ricardo C. D. Goulart</i> .....	139
<b>VIII- New Approaches in Weed Science in the United States</b> <i>Dr. Philip Westra</i> .....	163
<b>IX- Estudo do Comportamento de Herbicidas em Solos</b> <i>Maria Olímpia de Oliveira Rezende</i> .....	167
<b>X- Novas e futuras alternativas de controle de plantas daninhas</b> <i>Décio Karam</i> .....	195
<b>XI- Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas</b> <i>Christoffoleti, P. J., Moreira, M. S.</i> .....	207

# I- Importância do ensino da disciplina de plantas daninhas na formação dos profissionais da área agrícola

Décio Karam<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo e Presidente da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas daninhas, biênio 2006/2008.

O porquê da importância da disciplina de plantas daninhas nos cursos relacionadas a agricultura? É sabido que o crescimento populacional, principalmente nos países em desenvolvimento, vem estimulando a geração e a adoção de tecnologias para o aumento da produtividade agrícola, sem as quais não seria possível a segurança alimentar. A introdução de fertilizantes, a mecanização agrícola, o conhecimento dos princípios da genética e o uso de defensivos agrícolas são apontadas como as principais técnicas responsáveis pelo aumento da produção de alimentos no mundo (Zimdahl, 1999). De acordo com informações da FAO, aproximadamente 30% do total da produção ainda é perdida a cada ano pela infestação de insetos, patógenos e competição por plantas invasoras, apesar do crescente aumento de uso de agroquímicos nos cultivos. Somente no Brasil esta prática representa anualmente, o movimento de cerca de US\$ 2,5 bilhões.

Dentre os fatores que contribuem para a baixa produtividade das plantas cultivadas as plantas daninhas podem ocasionar, através da competição, perdas médias de aproximadamente 15% na produção mundial de grãos (Walker, 1975; Labrada, 1992), podendo essas perdas, em alguns casos serem superiores a 90%. Com base nas perdas médias mundiais decorrentes da interferência das plantas daninhas nas culturas, a redução da produção de grãos, na safra nacional de 2006/2007, foi estimada em 15 milhões de toneladas.

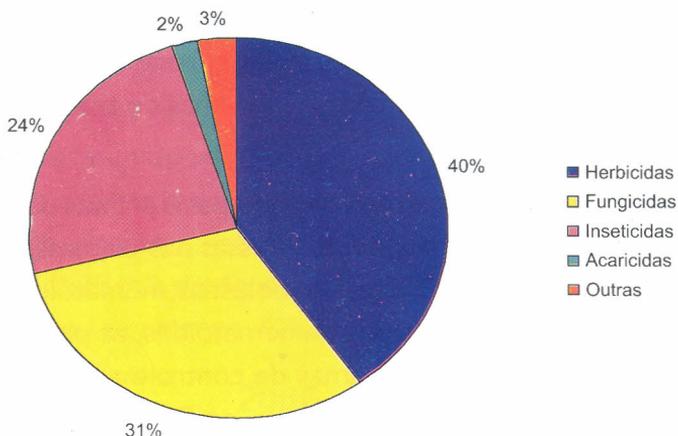
Das 350.000 espécies conhecidas de plantas, apenas 3.000 são cultivadas; e aproximadamente 250 são universalmente con-

sideradas plantas daninhas. Dessas cerca de 40% pertencem a apenas duas famílias: Poaceae (gramíneas) e Asteraceae (compostas).

A falta de conhecimento básicos em temas importantes para o manejo das plantas invasoras tem contribuído para a não utilização de métodos alternativos de controle dessas plantas, ocasionando o uso indiscriminado dos herbicidas e o aumento significativo na probabilidade de contaminação ambiental. Há relatos de uso inadequado dos herbicidas nos sistemas de produção da cultura do milho, ocasionando efeitos tóxicos nas culturas, além de deficiência no controle das plantas invasoras e efeito residuais nas culturas em sucessão, ocasionando perdas significativas para o agronegócio.

Um dos maiores responsáveis pela utilização de defensivos agrícolas nas áreas de produção são as plantas daninhas, que para o seu manejo são utilizados diversos herbicidas. A participação dos herbicidas, em 2004, no mercado brasileiro de defensivos agrícolas corresponde a 40%, enquanto que fungicidas corresponde a 31% e inseticidas 24% (Figura 1). A demanda pela utilização de métodos químicos de controle tem contrariado ambientalistas que acreditam serem esses produtos altamente contaminantes do ambiente.

Portanto, a ciência das plantas daninhas, onde é estudada a biologia incluindo taxonomia, ecologia e dinâmica populacional das plantas daninhas, torna-se fundamental ao conhecimento dos engenheiros agrônomos a fim que os mesmos possam identificar e caracterizar corretamente os problemas dos agricultores e assim poderem recomendar técnicas de controle adequadas às condições de campo.



**Figura 1.** Participação das diferentes classes de defensivos agrícolas no mercado do Brasil de 2004.

Atualmente, técnicas de manejo são requeridas na agricultura agroecológica dando sustentabilidade à produção e ao meio ambiente. Para isso, os engenheiros agrônomos, devem além de possuírem os conhecimentos básicos das espécies daninhas presentes no local, terem o embasamento técnico dos métodos de controle existentes e passíveis de utilização. Com isso conhecer sistemas de produção com as rotações e sucessões de culturas na dinâmica populacional das plantas daninhas é de extrema importância quando os técnicos forem elaborar recomendação técnica de manejo.

Visto que 40% do valor comercializado com defensivos referem-se aos herbicidas, também se torna fundamental o conhecimento desses compostos e a ação dos mesmos no ambiente. A relação dos herbicidas com o solo, a relação dos herbicidas com as águas superficiais e subterrâneas, a relação do herbicida com as plantas e mesmo a relação dos herbicidas com as pessoas, são considerados fundamentos essenciais para a sustentabilidade da produção agrícola. Deve-se ressaltar que as plantas daninhas vêm causando efeitos negativos não só para a produção de grãos,

*1 Simpósio Internacional Amazônico sobre Plantas Daninhas*

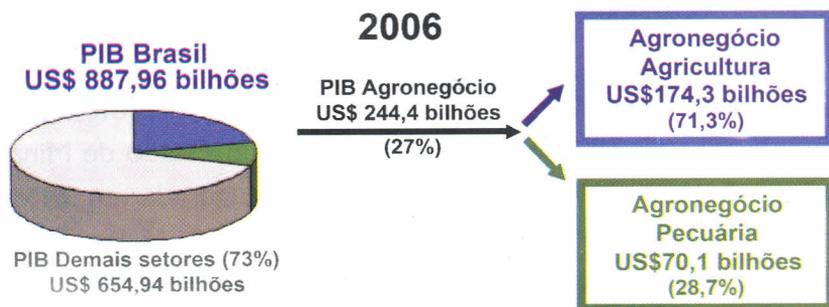
mas também para os sistemas agropastoris, agroflorestais, aquáticos, urbanos, produção de olerícolas e frutas além das áreas não agrícolas como ferrovias, rodovias e linhas de transmissão elétricas.

Além do efeito direto causado pelas plantas daninhas existem também os efeitos indiretos dessas nas culturas, como hospedeiras alternativas de pragas, moléstias, nematóides e plantas parasitas. Como hospedeiras de nematóides, as plantas daninhas podem inviabilizar os programas de controle através da rotação de culturas. Para ilustrar este efeito, no Brasil já foram relatadas 57 espécies de plantas daninhas como sendo hospedeiras alternativas do nematóide *Meloidogyne javanica*, que é responsável por redução da produção de várias culturas, incluindo a soja.

O agronegócio tem sido um dos grandes alicerces da economia brasileira representando em torno de 27% do Produto Interno Bruto Brasileiro. Desses a agricultura participa com aproximadamente 71% e a pecuária com 28% (Figura 2). Também a agricultura é importante devido à necessidade de produção de alimentos que deve ser sempre superior à necessidade da demanda pela população. A produção de grãos do Brasil, em 2006, foi de aproximadamente, 100 milhões de toneladas, o que contribui ao Produto Interno Bruto (PIB) nacional, em 2005, com aproximadamente 45 bilhões de dólares o equivalente a 25% do PIB da agricultura.

A importância do agronegócio no Brasil, também pode ser reconhecida através da criação de escolas especializadas em agricultura que se iniciaram ainda na época em que o Brasil era colônia de Portugal. Os primeiros cursos práticos, em agricultura, foram criados na Bahia, em 1812, e no Rio de Janeiro, em 1814. Em 1818, o primeiro curso para formação de engenheiros agrônomos foi criado na Alemanha, enquanto que no Brasil, a

**Imperial Escola Agrícola da Bahia** foi inaugurada em 15 de fevereiro de 1877, em São Francisco do Conde, após dois anos de sua criação, com cursos divididos em dois grupos: o elementar, que preparavam operários e regentes agrícolas e florestais, e o superior, que formava os engenheiros agrônomos, engenheiros agrícolas, silvicultores e veterinários. Atualmente esta escola é denominada de Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia, tendo seu campus em Cruz das Almas.



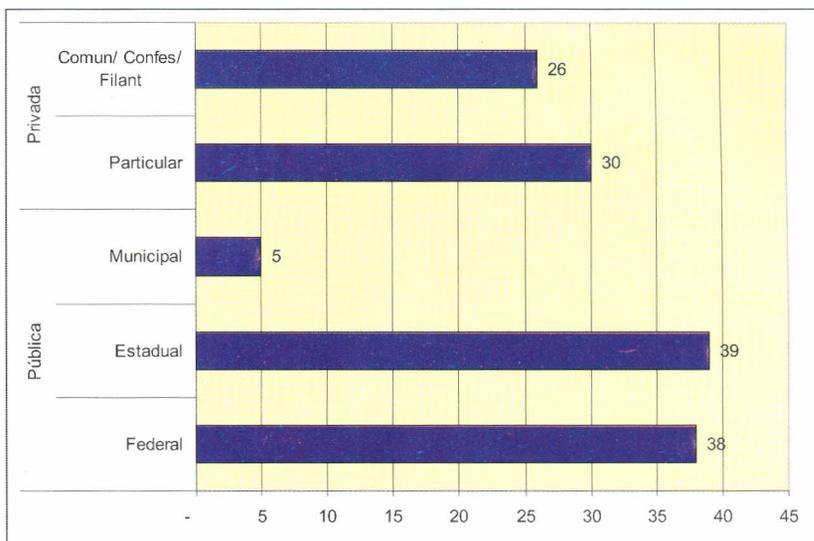
**Figura 2.** Participação da agricultura e pecuária no Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil.

Em 1883, na cidade de Pelotas, no Rio Grande do Sul, começou a funcionar regularmente em 1833, a segunda escola agrícola do país, denominada através de decreto de Imperial Escola de Veterinária e Agricultura. Atualmente no Rio Grande do Sul. Fundada, por decreto imperial, recebeu o nome de Imperial Escola de Medicina Veterinária e Agricultura. Practica. Em 1909, muda-se o nome desta escola para Escola de Agronomia e Veterinária que em 1926 passa-se a chamar Escola de Agronomia e Veterinária Eliseu Maciel. Em 1934 os cursos de agronomia e veterinária tornam-se independentes e a escola passa a chamar Escola de Agronomia Eliseu Maciel. Fato que merece registro é que, em 1915, a primeira mulher diplomada em agronomia, no Brasil, pertenceu a esta escola.

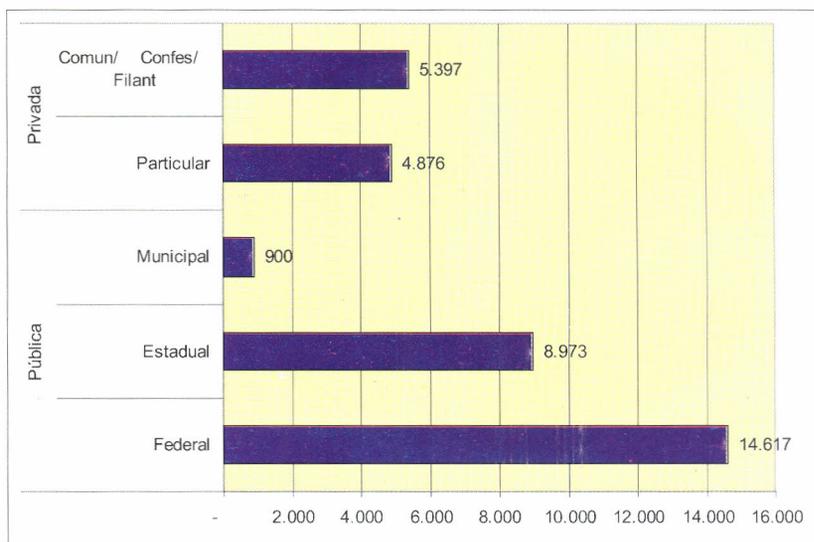
No Estado de São Paulo foi criada a primeira a Escola Politécnica que implantou em 1894 o curso de engenharia agrônômica que em 1910, após seis anos de funcionamento, com um total de 23 profissionais formandos, foi desativada. Através de decreto da Lei n. 683/A, de 29 de dezembro de 1900, foi criada a Escola Prática São João da Montanha, em Piracicaba. No ano seguinte, em 19/03/1901 passa-se a ser denominada de Escola Agrícola Prática “Luiz de Queiroz”, hoje conhecida como Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

No estado de Minas Gerais, a Escola Superior de Agricultura e Veterinária - ESAV, criada através do **Decreto 6.053**, de 30 de março de 1922, do então Presidente do Estado de Minas Gerais, **Arthur da Silva Bernardes** foi inaugurada em 28 de agosto de 1926. Em 1948, o governo do Estado de Minas Gerais transformou esta escola em Universidade Rural do Estado de Minas Gerais – UREMG, que era composta pela Escola Superior de Agricultura, Escola Superior de Veterinária, Escola Superior de Ciências Domésticas, Escola de Especialização (Pós-Graduação), do Serviço de Experimentação e Pesquisa e do Serviço de Extensão. Em 15 de julho de 1969, o Governo Federal assumiu o controle e denominou a universidade com o nome de Universidade Federal de Viçosa.

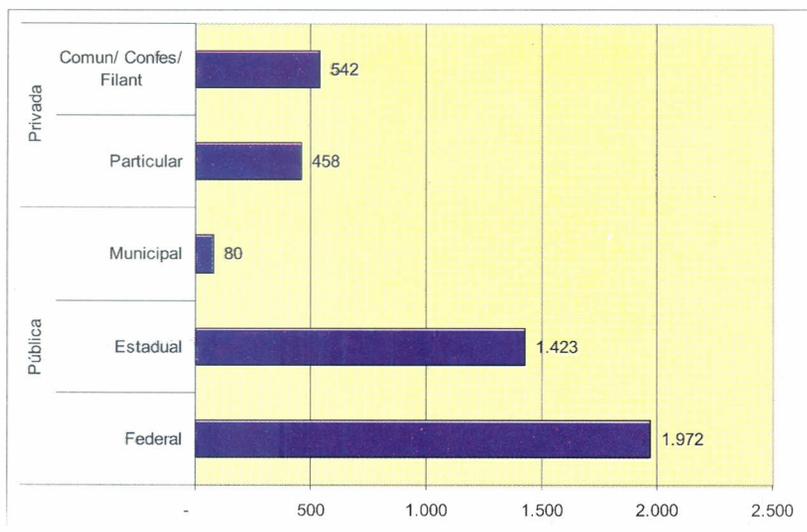
A partir da criação e instalação da primeira escola voltada a atividades agrícolas, o número de instituições e estudantes tem crescido. No ano de 2005, 138 cursos presenciais de graduação em agronomia estavam aprovados e em funcionamento (Figura 3) com 34763 alunos matriculados (Figura 4) e 4475 formandos (Figura 5). Em 2006, as regiões do norte, nordeste, centro-oeste, sudeste e sul contavam, respectivamente, com 14, 21, 34, 44 e 38 cursos presenciais de agronomia em funcionamento (Figura 6).



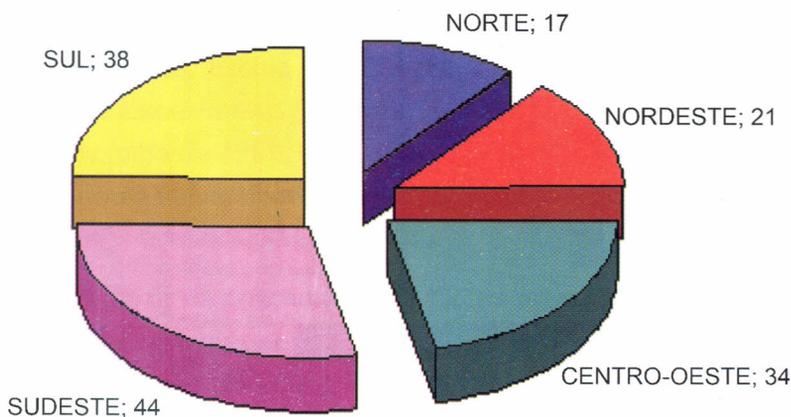
**Figura 3.** Cursos presenciais de graduação em agronomia, em 2005, no Brasil.



**Figura 4.** Número de alunos matriculados, em 2005, nos cursos presenciais de agronomia no Brasil.



**Figura 5.** Número de alunos graduados em 2005 nos cursos presenciais de agronomia no Brasil.



**Figura 6.** Número de cursos presenciais, no Brasil, em agronomia no ano de 2006.

Considerando a importância das plantas daninhas e da agricultura para o desenvolvimento do Brasil, fica claro que o

conhecimento da ciência das plantas daninhas, como a biologia, ecologia, dinâmica e métodos de controle das mesmas, são imprescindíveis na formação dos engenheiros agrônomos e profissionais que exerçam atividades relacionadas à produção agrícola. A disciplina “**Plantas Daninhas**”, embora não conste, como conteúdo profissional essenciais, das diretrizes curriculares nacionais publicadas no DOU de 03 de fevereiro de 2006, muitas escolas tem adotado essa disciplina como fundamental para a formação de novos engenheiros agrônomos. Em várias escolas e universidades, assuntos relacionados à ciência das plantas daninhas têm sido ministrados em disciplinas como fitotecnia ou fitossanidade de forma superficial, muitas vezes não abordando todo o conteúdo necessário para que os futuros profissionais tenham o discernimento da importância e da escolha da melhor opção de manejo de invasoras. A grande quantidade de informação técnico científica disponibilizada periodicamente, na área da ciência das plantas daninhas, e a necessidade de conhecimento dessas informações pelos novos engenheiros agrônomos, justificam a instalação de disciplinas específicas neste tema.

### **Literatura Consultada**

ARAUJO, N. de A. Da cadeia de agricultura ao anel de engenheiro agrônomo: ciência, civilização e estado imperial no coração da produção acucareira baiana. In: SIMPOSIO NACIONAL DE HISTORIA, 24., 2007, São Leopoldo. **Anais ...** São Leopoldo: Unisinos, 2007. Disponível em: <<http://snh2007.anpuh.org/resources/content/anais/Nilton%20de%20Almeida%20Ara%FAjo.pdf>> Acesso em: 28 set. 2007

CONSELHO NACIONAL DE EDUCACAO (Brasil). Resolucao n 1 de 2 fev. 2006. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 3 fev. 2006. Seção 1, p. 31-32.

FLORENCANO, J. C. S.; ABUD, M. J. M. Historico das profissoes de engenheiro, arquiteto e agronomo no Brasil. **Revista de Ciencias Exatas**, Taubate, v. 5-8, p. 97-105, 1999-2002.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISA EDUCACIONAIS ANISIO TEIXEIRA. **Censo da educação superior: sinopse estatística 2005**. Brasília, DF, jul. 2007. Disponível em: <<http://www.publicacoes.inep.gov.br/resultados.asp?subcat=6>> Acesso em: 28 set. 2007.

## II- Glyphosate como Alternativa de Controle de Plantas Daninhas em Pós-Emergência na Soja Transgênica

Dionisio Luiz Pisa Gazziero<sup>1</sup>

Fernado Adegas

Elemar Voll

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, pesquisador da Embrapa Soja, Cx. Postal 231, Londrina, PR, gazziero@cnpso.embrapa.br

### Resumo

Desde que a soja passou a ser cultivada em escala comercial no Brasil, a composição da comunidade de plantas infestantes da cultura vem sendo alterada, em função de três fatores principais: a) dinâmica das plantas daninhas, típica de um país tropical, b) práticas culturais adotadas, como o sistema de semeadura direta; c) ação do homem, como uso inadequado de herbicidas. Algumas espécies como a *Brachiaria plantaginea*, perderam grau de importância enquanto outras aumentaram sua frequência. Nesse período, o uso contínuo de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação provocou a manifestação da resistência de biótipos das espécies *Brachiaria plantaginea*, *Euphorbia heterophylla*, *Bidens pilosa* e *Bidens subalternans* entre outras. Com a liberação da soja transgênica geneticamente modificada para a resistência ao glyphosate ocorreram profundas mudanças nos sistemas de controle das plantas daninhas. Os vários produtos ou combinações de produtos utilizados na soja convencional foram substituídos por um único ingrediente ativo, o glyphosate. A história do estabelecimento e da dinâmica das plantas infestantes permite antever que se o manejo das espécies infestantes na soja transgênica não for feito adequadamente, a composição da comunidade muito provavelmente será alterada em um curto espaço de tempo. Inicialmente são observados apenas os benefícios

da nova tecnologia, mas com o uso indiscriminado surgem problemas, como mato competição e a seleção das espécies tolerantes e resistentes.

## Introdução

A cultura da soja tem como característica o alto consumo de herbicidas, justificado pela extensão das áreas de plantio e pela eficiência e rapidez propiciadas pelos compostos químicos. O uso de boas práticas agrícolas permite um ambiente favorável para o desenvolvimento vigoroso da soja fazendo com que ela possa competir com vantagem com as plantas invasoras. Paralelamente permite criar condições para que os herbicidas funcionem adequadamente, possibilitando ao longo dos anos a redução de doses e, em certos momentos até mesmo a eliminação de produtos. Significa que é de se esperar que o problema das plantas daninhas possa ser minimizado com o passar dos anos, desde que os herbicidas sejam adequadamente utilizados.

No início dos anos 70, na relação das principais plantas daninhas da cultura da soja no Brasil estavam incluídas as espécies *Brachiaria plantaginea*, *Euphorbia heterophylla*, *Bidens pilosa* e *Bidens subalternans*, entre outras. Nos anos 80 o plantio direto passou a ser adotado em larga escala e plantas de sementes pequenas como a *Digitaria insularis* e *Conyza bonariensis* passaram a ser vistas com maior freqüência, pois encontraram condições adequadas para germinar e se desenvolver nas áreas não revolvidas. Em meados da década de 80, vários produtos de diferentes grupos químicos estavam disponíveis no mercado, e entre eles os de ação graminicida como os inibidores da enzima acetilcoenzima-A Carboxilase (ACCCase) e os de ação latifoliadicida como os inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS), os quais foram intensamente utilizados no controle de *B. plantaginea*, *E. heterophylla* e *Bidens* sp. Nos anos 90 a *B. plantaginea* já não tinha

mais o mesmo grau de importância, devido a dois fatores básicos, a eficiência dos herbicidas e o sistema de semeadura direta. Sabe-se que esta espécie tem maior dificuldade de sobreviver neste sistema de semeadura. As espécies de folhas largas ganharam condições para se estabelecer, como a *Commelina bengalensis* e *Ipomoea grandifolia*. Em meados da década de 90 foram confirmadas a manifestação da resistência de plantas daninhas aos herbicidas inibidores das enzimas ALS (*E. heterophylla* e *Bidens* sp) e ACCase (*B. plantaginea*). Sem dúvida o uso contínuo do mesmo mecanismo de ação favoreceu a seleção desses biótipos. Nessa época ainda, cresceu a chamada área de safrinha, locais aonde são cultivados milho, sorgo ou milheto após a soja. Por estarem sujeitas a períodos de seca (no Brasil Central) e ao frio (nas regiões mais ao sul do País) as culturas da safrinha são consideradas de risco, razão pela qual em muitas dessas áreas não é feito o uso de herbicidas ou são utilizados em subdoses. Além disso, mesmo sendo aplicado na forma recomendada o herbicida nem sempre funciona bem, devido ao clima.

A safrinha não tratada ou com controle ineficaz, assim como áreas deixadas em pousio faz aumentar de forma grave o banco de sementes e por consequência a intensidade das plantas daninhas resistentes, pois as espécies encontram condições ótimas para produzir novas gerações. No período seguinte à safrinha, que compreende o intervalo entre a colheita da cultura de safrinha e a semeadura da próxima safra de soja, o solo fica em pousio. Esse é um período em que se aguarda a época de semeadura da soja e que possibilita também a multiplicação das infestantes. Nesse sistema a *E. heterophylla* e *Bidens* sp encontram boas condições para se multiplicarem e passam a ser um problema cada vez mais grave e comum para as áreas cultivadas no verão. Em muitos casos, devido à alta pressão do banco de sementes, o con-

trole das plantas daninhas na soja ficou tão difícil de ser feito que o agricultor se viu obrigado a fazer mais de uma aplicação.

Em 2005 a soja transgênica foi oficialmente liberada para plantio no País. Ocorreram profundas mudanças nos sistemas de controle, tendo em vista que vários produtos ou combinações de produtos utilizados foram substituídos por um único ingrediente ativo, o glyphosate.

As plantas daninhas no Brasil têm composição e dinâmica própria de um país tropical, no qual a intensidade e a rapidez da mudança na composição de uma comunidade é acentuada e rapidamente influenciada pelas práticas agrícolas e pela ação do homem. A história do estabelecimento e da dinâmica das plantas infestantes permite antever que se o manejo das plantas daninhas não for adequadamente utilizado na soja transgênica, provavelmente a mudança na composição das infestantes será alterada. Inicialmente são observados apenas os benefícios da nova tecnologia, mas nas áreas manejadas inadequadamente, após três a cinco anos começam a surgir os problemas como a seleção das espécies consideradas tolerantes e até mesmo à resistência. Para evitar as conseqüências negativas do uso continuado de um mesmo herbicida, é necessária a adoção de técnicas alternativas de manejo, mesmo se tratando da soja transgênica resistente ao glyphosate. Manejar plantas daninhas não significa apenas aplicar produtos. Trata-se de uma filosofia de trabalho que inclui o tratamento ou ocupação da área durante o ano todo, utilizando todas as alternativas de controle disponíveis. Os resultados e benefícios se manifestarão ao longo dos anos.

## **Vantagens**

Até a introdução da soja RR, utilizava-se glyphosate em pós-emergência das plantas daninhas, porém antes da emergência das culturas, no sistema de semeadura direta, em áreas não

cultivadas, pomares e reflorestamentos. Na soja RR é utilizado após a emergência da cultura e das plantas daninhas porem dentro de um período estabelecido para que não ocorra mato-interferência nem resíduo nos grãos. Trata-se de produto que não possui efeito residual no solo, onde é fortemente adsorvido e degradado.

A possibilidade de uso de glyphosate, aplicado após a emergência da soja, representa uma nova alternativa de controle em função da eficiência e da viabilidade econômica, características essenciais no conceito de praticabilidade. Uma outra vantagem, ainda que temporária, da cultura geneticamente modificada para resistência ao glyphosate, é a oportunidade de usar um herbicida com diferente mecanismo de ação para controlar plantas resistentes. Exemplo disto tem ocorrido no Brasil com biótipos resistentes de *Bidens* spp, *E. heterophylla* e *B. plantaginea* no Rio Grande do Sul.

Glyphosate é um herbicida sistêmico, não seletivo com espectro de ação sobre cerca de 154 espécies ocorrentes no Brasil, utilizado em doses que variam de 1 a 6 Lha<sup>-1</sup> e disponível no mercado a quase 30 anos. Na soja transgênica esta registrada a formulação contendo 648 g de sal isopropilamina com 480 g de equivalente ácido. A variação na dose comercial situa-se em 1,2 a 2,5 Lha<sup>-1</sup> em aplicação única ou seqüencial. A aplicação seqüencial deve ser iniciada entre 15 a 20 dias da emergência e o intervalo entre uma aplicação e outra normalmente varia entre 7 a 15 dias. Nos casos de ocorrência de *C. bengalensis*, a dose poderá chegar até a 2+1,5 Lha<sup>-1</sup> nas aplicações seqüenciais. Sabe-se no entanto que aplicações precoces atingem plantas menores, favorecendo o produto e permitindo o uso de doses menores. A determinação exata da dose e a forma de aplicação devem ser estabelecidas considerando-se o diagnóstico do problema realizado no local de uso do produto.

## Problemas

Problemas com o uso dessa nova tecnologia já tem sido observados. Verifica-se que em muitas propriedades, a operação de dessecação na pré-semeadura tem sido eliminada ou retardada, trazendo como conseqüências reduções no rendimento causadas pela mato-competição. Da mesma forma, tem criado preocupação a possibilidade de que a aplicação pós-emergente do glyphosate na soja seja feita fora do momento indicado. Nesses casos a conseqüência é o resíduo nos grãos de soja acima dos limites permitidos

Os quase 40 produtos ou combinações de produtos utilizados na soja convencional, são substituídos na soja geneticamente modificada, por um único ingrediente ativo, o glyphosate. Algumas espécies são altamente sensíveis a esse produto, enquanto outras são consideradas tolerantes e preocupam pela possibilidade de disseminação e aumento de infestação nas áreas cultivadas com a soja transgênica.

A *C. benghalensis*, considerada uma planta tolerante ao produto, é uma das espécies com grande potencial para se tornar rapidamente um sério problema de controle desde que, não sejam adotadas medidas adequadas de manejo. Trata-se de uma espécie que se adapta com facilidade em diferentes ambientes, apresenta intensa resposta à calagem e adubação do solo. É uma planta perene que se reproduz por sementes aéreas, subterrâneas e multiplica-se também a partir do enraizamento de porções do caule

Outras espécies tidas como de difícil controle tem condições de expandir sua população na soja transgênica. *Borreria latifolia*, *Tridax procumbens*, *Ipomoea* spp., *Richardia brasiliensis*, *Chamaesyce hirta*, *Chloris polydactyla*, *Boehavia diffusa*, *Amaranthus* spp, *Eleusine indica*, *Conyza bonariensis*, *C. canadensis* e *E.*

*heterophylla* também podem ser incluídas como passíveis de se tornarem um problema no futuro, nas áreas cultivadas apenas com soja RR.

A resistência das plantas daninhas aos herbicidas é resultado de um processo natural de evolução das espécies. É um problema no Brasil e tem trazido preocupação pois são cada vez mais freqüentes registros de novos casos. Repetidas aplicações de uma mesma classe de herbicida causa pressão de seleção, fator decisivo no surgimento dos problemas de resistência. Para glyphosate não é diferente e varias espécies resistentes a esse produto estão registradas. É o caso de *Amaranthus palmeri* (espécie de caruru, nos USA), *Ambrósia artemisifolia* (espécie de losna, nos USA), *C. bonariensis* (buva, na África do Sul, Espanha e Brasil), *C. canadensis* (buva, nos USA e Brasil), *Eleusine indica* (pé-de-galinha, na Malásia), *Lolium multiflorum* (azevém, no Chile, Brasil e USA), *L. rigidum* (azevém, na Austrália, USA, África do Sul) e *Plantago lanceolata* (espécie de tanchagem, na Africa do Sul). A ocorrência de *Sorghum halepense* (capim-massambará) resistente na Argentina foi confirmada e no Paraguai aguarda-se apenas a publicação com base em análise científica para confirmação oficial da existência de plantas de *Digitaria insularis* (capim-amargoso) resistente ao glyphosate, fato já conhecido pelos testes de campo. Também existe suspeita da resistência de *E. heterophylla* (amendoin-bravo) no Brasil. Resistência de plantas daninhas é um grave problema, mas, pode ser prevenido ou resolvido com práticas de manejo.

### **Considerações Finais**

Para evitar problemas e tirar o maior proveito possível desta nova tecnologia, é preciso que os conceitos básicos de manejo de plantas daninhas continuem a ser considerados, sob pena de se perder as vantagens obtidas. Alta infestação, infestação

desuniforme e espécies tolerantes poderão ser melhor controladas com aplicações seqüenciais de glyphosate. O período de controle deve, preferencialmente, ocorrer entre 15 a 30 dias após a emergência da cultura. Casos de resistência podem ser prevenidos. Uma vez constatado o problema, tanto na soja convencional como na transgênica (RR) são resolvidos com a adoção de técnicas de manejo, da qual faz parte a rotação de herbicidas com diferentes mecanismos de ação.

A adoção de técnicas de manejo da área, das plantas daninhas e do produto, na entressafra da soja, poderá facilitar o controle de plantas daninhas mesmo na cultura da soja transgênica, pois na medida em que o produtor organiza a ocupação do espaço, dificulta o estabelecimento das plantas daninhas. Os erros e as conseqüências do uso continuado de um mesmo herbicida já são conhecidos no Brasil e devem ser considerados para que os riscos inerentes aos programas como o da soja transgênica sejam evitados ou minimizados. A tecnologia da soja transgênica resistente ao glyphosate foi desenvolvida para trazer benefícios e facilidades e terá seus objetivos alcançados se bem utilizada.

### **Bibliografia Consultada**

ATEH, C. M. ; HARVEY, R. G. Anual weed control by glyphosate in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, Champaign, v.13, n.2, p.394-398, 1999.

CERDEIRA, A. L.; GAZZIERO, D. L. P.; DUKE, S. O.; MATALLO, M. B.; SPADOTTO, C. A. Review of potential environmental impacts of transgenic glyphosate-resistant soybean in Brazil. **Journal of Environmental Science and Health**, Part B, 42:5, 539-549. 2007.

DIVINE, M. D. Resistant crops to manage resistant weeds. In: INTERNATIONAL WEED SCIENCE CONGRESS, 3., Fóz do

Iguaçu, 2000. **Abstract...** Fóz do Iguaçu: SBCPD / Copenhagen: International Weed Science Society, 2000. p.157.

DUKE, S. O. Herbicide-resistant crops: their impact on weed science. **Journal of Weed Science and Technology**, v.43, n.2, p.94-100, 1998. ( Trabalho apresentado na 37. Annual Meeting of the Weed Science Society of Japan).

EMBRAPA: Tecnologia de produção da soja na Região Central do Brasil. 2007. **Sistemas de Produção, II**. Londrina, Embrapa Soja, 2006.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stage of soybean development**. Ames: Iowa State University, 1981. 12p. (Iowa Cooperative Extensive Service. Special Report, 80).

GAZZIERO, D. L. P. et al. **As plantas daninhas e a semeadura direta**. Londrina, 2001. 59p. (Embrapa. Circular Técnica, 33).

GAZZIERO, D. L. P. et al. Deposição de glyphosate aplicado para o controle de plantas daninhas em soja transgenica. **Planta Daninha**, vol. 24. p.173-181, 2006.

GAZZIERO, D. L. P. Manejo de Plantas Daninhas em Áreas Cultivadas com Soja Geneticamente Modificada para a Resistência ao Glyphosate. Londrina, 2003, 143 p. **Tese de Doutorado em Agronomia**. Universidade Estadual de Londrina.

PEREIRA, F. de A. R.; GAZZIERO, D. L. P.; BONAMIGO, L. A. Avaliação de espécies com potencial para a produção de cobertura morta em áreas de cerrado. **Plantio Direto**, Ponta Grossa, 6(24) 6:7, 1988.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de Herbicidas**, 5 ed., Londrina: 2005, 592p.

SHANER, D. L. Herbicide-resistant crops: a new tool in the herbicide-resistant management. In: INTERNATIONAL WEED

CONTROL CONGRESS, 2., 1996, Copenhagen. **Proceedings...**  
Copenhagen: International Weed Science Society, 1996. v.2. p.421-426.

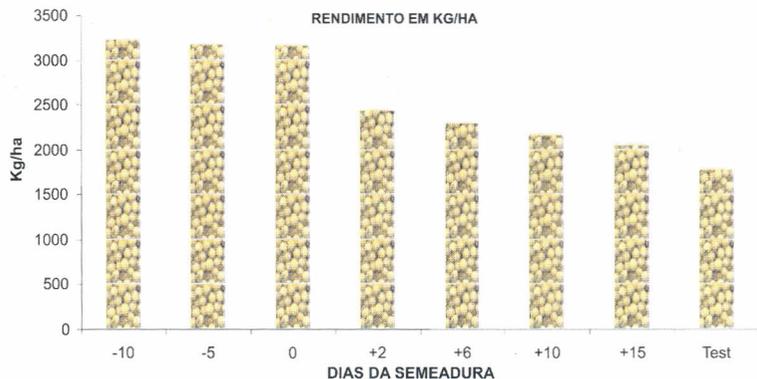
TREZZI, M. M.; KRUSE, N. D.; VIDAL, R. A. Inibidores de EPSPs.  
In: Vidal, R.A. & Meroto Jr., A. *Herbicidologia*. Porto Alegre, 2001. 152p.

VITA, J. et al. Glyphosate – tolerant soybean and weed management in Argentina: present and prospects.  
In:INTERNACIONAL WEED SCIENCE CONGRESS, 3., Fóz do Iguaçu, 2000 **Abstracts...** Fóz do Iguaçu: SBCPD / Copenhagen: International Weed Science Society, 2000. p.163.

**Experimentos confirmam a necessidade do uso correto do glyphosate para evitar a influência das plantas daninhas no desenvolvimento da soja.**



**Perdas no rendimento da soja causada pela mato-competição em função do atraso na dessecação das plantas daninhas que emergiram antes da semeadura.**





### **III- As Plantas Daninhas na Região Amazônica: Estado da Arte**

*Paulo Júlio da Silva Neto*

Engenheiro Agrônomo, Dr. , Pesquisador CEPLAC/SUPOR, Prof. IESAM

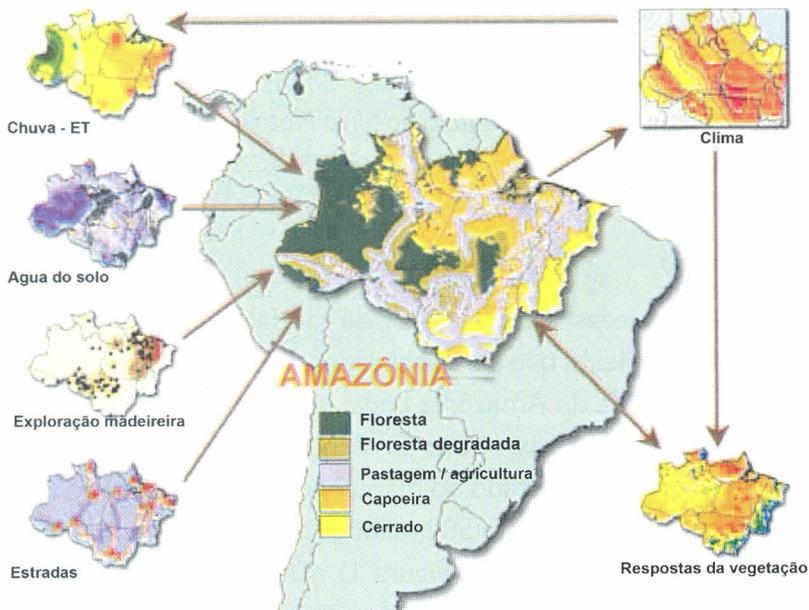
e-mail: pjsilvaneto@gmail.com

#### **Introdução**

As riquezas naturais do Brasil são fabulosas, entre elas, a Amazônia brasileira, que para finalidades de desenvolvimento, tem sido denominada de Amazônia Legal, abrangendo os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins e parte do estado do Maranhão, correspondendo a uma área de aproximadamente 500 milhões de hectares, em torno de 60% do território nacional (Figura 1). Destes, cerca de 400 milhões são originalmente cobertos por diferentes tipos de fisiografia florestal. Essa área, que possui o maior bioma de floresta tropical do mundo, abriga uma população estimada de 21 milhões de habitantes da população brasileira.

O clima da Amazônia brasileira é predominantemente quente e úmido e, geralmente propicia condições para altos níveis de produção de biomassa vegetal. A vegetação predominante é a floresta tropical úmida, sendo pelo menos 400 milhões de hectares de florestas de terra firme. Estima-se que cerca de 80% dos solos da região são ácidos e de baixa fertilidade, como acontece na Amazônia como um todo, sendo este, juntamente com as pressões bióticas (pragas, doenças, plantas invasoras etc) fator limitante da produção agropecuária e florestal na região (MARQUES et al., 1994).

Segundo Alvim (1990), o clima da Amazônia é típico das regiões tropicais onde a vegetação natural é a floresta pluvial ou tropical-úmida. A área total da Terra com este tipo de clima e de



**Figura 1.** Amazônia Legal

**Fonte:** [www.ipam.org.br/.../cenarios/cenarios.php](http://www.ipam.org.br/.../cenarios/cenarios.php)

vegetação é estimada em aproximadamente  $1,5 \times 10^9$  hectares, dos quais 45% se encontram na América tropical, 30% na África e 25% no sudeste da Ásia (NCR, 1982). Em todas essas regiões as temperaturas médias anuais alcançam valores de 24 a 26°C e as variações médias mensais são inferiores a 4-5°C. O regime de chuvas é o mais variável de todos os fatores climáticos, sendo por isso reconhecido como o de maior influência tanto sobre a vegetação natural quanto sobre as plantas cultivadas. Apesar de sua grande variabilidade, observa-se uma característica comum ao regime pluviométrico de todas as regiões de florestas pluviais, qual seja a ausência de períodos secos suficientemente longos ou severos para inibir o crescimento das plantas e um volume total de chuvas durante o ano que sempre ultrapassa ou pelo menos se iguala a evapotranspiração potencial da região (ALVIM, 1990).

O total das chuvas na região amazônica geralmente varia de 1400 a 3500 mm/ano, com predominância de valores entre 2000 e 3000 mm/ano. A evapotranspiração potencial em geral se situa entre 1350 e 1650 mm/ano (BASTOS, 1972; COCHRANE et al., 1985). Os períodos de deficiência hídrica, quando presentes, têm uma duração máxima de 3 a 4 meses, variando conforme a região. Quando mais longos, esses períodos provocam deficiências hídricas que geralmente impedem a formação de florestas, dando lugar ao aparecimento de savanas (campos cerrados) ou pastagens naturais (ALVIM, 1990).

De acordo com o IMAZON (2002 citado por RIBEIRO, 2006) a pluviosidade na Amazônia é bastante diversificada e se distingue na região três áreas, com base nos índices pluviométricos:

a) A Amazônia Seca, com pluviosidade abaixo de 1.800 mm/ano, que ocorre, principalmente, em Roraima, Pará e Mato Grosso, compreendendo uma área total de cerca de 17% da região;

b) A Amazônia de Transição, com pluviosidade entre 1.800 mm/ano e 2.200 mm/ano, que corresponde, aproximadamente, a 38% da região. Aparentemente, presta-se para implantar com sucesso as culturas de ciclo longo, embora sua viabilidade econômica sofra restrições porque são atacadas por doenças;

c) A Amazônia Úmida, com pluviosidade acima de 2.200 mm/ano, chegando às vezes até a 4.000 mm/ano, que compreende cerca de 45% da Região e se estende pelos Estados do Amazonas e Amapá, noroeste de Rondônia, sudoeste, noroeste e nordeste do Pará; as condições de alta pluviosidade tornam difíceis a economicidade das atividades agrícolas, embora haja sucessos nos cultivos da pimenta-do-reino, da malva, do dendê, do maracujá, da laranja, do mamão e do açaí.

Nas estimativas feitas por especialistas, referentes ao uso potencial das várias classes de solo para agricultura, tomando-se

em consideração não apenas a fertilidade natural, mas também a topografia e condições de drenagem, a Amazônia brasileira 6% (cerca de 32 milhões de hectares) de solos sem limitações de uso em termos de fatores físicos e químicos, os aproveitáveis com uso de fertilizantes 58% (280 milhões de hectares) e os considerados inaproveitáveis 36% (176 milhões de hectares), principalmente por motivos de relevo, má drenagem e outros impedimentos físicos (SANCHES et al., 1982).

Nas duas últimas décadas, a Amazônia brasileira tem sido o centro de atenção do mundo, devido às atuais e potenciais implicações ecológicas relacionadas com a utilização dos seus recursos naturais para finalidades de desenvolvimento, onde a agricultura tem sido o fator mais importante.

Cerca de 40 milhões de hectares já foram alterados na Amazônia brasileira para utilização de sistemas de uso da terra que, em geral, têm se mostrado, ao longo do tempo, com baixos níveis de sustentabilidade do ponto de vista agrônomo, ecológico, econômico e social (SERRÃO, 1992). A pecuária tem sido uma atividade de importância relevante para a Amazônia, porém ambientalistas, cientistas e a própria população local e nacional se preocupam com a questão dos desmatamentos ocorridos em sua função para plantação de pastagem, além de importantes impactos climáticos não salutares, se forem realizados de forma insustentável.

Conhecida como atividade de exploração do uso da terra, a pecuária oportuniza a plantação de pastagem, que vem declinando em termos de produtividade, devido ao manejo inadequado e à infestação de plantas daninhas nas áreas de produção. Estas podem ser herbáceas e arbustivas, de ciclo anual ou perene.

Atualmente, a área desmatada, a qual é conhecida como o arco do desmatamento (Figura 2), está em torno de 60 milhões

de hectares (ALVES, 2002). Esta área tem início no nordeste do Estado do Pará, atravessa o sudeste do Estado do Maranhão e norte do Estado do Mato Grosso, seguindo até o noroeste do Estado de Rondônia. Sua largura varia entre 200 e 600 km, dependendo das atividades antrópicas (SABOGAL et al., 2007). Estima-se que mais de 25% das áreas desmatadas na Amazônia, encontram-se abandonadas ou subutilizadas.

Segundo Serrão (1992), a questão da sustentabilidade da agricultura na Amazônia tem sido um assunto controvertido. Existe o argumento ecológico de que o desmatamento em larga escala degrada o meio ambiente, assim como o argumento do desenvolvimento de que há a necessidade real de produzir alimentos, grãos, fibras e outras necessidades da crescente população brasileira, principalmente a regional. A idéia central do desenvolvimento da agricultura sustentável é do uso de tecnologias adequadas às condições do ambiente regional, local, assim como da previsão e prevenção de impactos negativos, sejam eles agrônômicos, sociais, econômicos ou ambientais (FLORES et al., 1991).

As propostas para o desenvolvimento da agricultura na Amazônia têm que levar em conta a necessidade de promover usos de terra sustentáveis. Os sistemas de agricultura e agropecuária deverão oportunizar ao máximo a sua permanência em uma mesma área, com produtividades iguais ou maiores do que as estabelecidas pelos sistemas de produção, evitando-se, dessa forma, a pressão por mais desmatamentos. A questão da sustentabilidade da agricultura na Amazônia tem sido um assunto controvertido. Por um lado, existe o argumento ecológico de que o desmatamento em larga escala degrada o meio ambiente. Por outro lado, o argumento do desenvolvimento de que há a necessidade real de produzir alimentos, grãos, fibras e outras necessidades da crescente população brasileira, principalmente a regional.

Na Amazônia brasileira, onde estão situadas mais de 50% das áreas tropicais úmidas do mundo, as características bioecológicas presentes favorecem o uso de cultivos consorciados e potencializa de forma ampla o uso dos mais variados modelos de sistemas agroflorestais (BRIENZA JÚNIOR, 1982; MARQUES et al., 1994). Dessa forma, os sistemas agroflorestais (SAFs) têm sido vistos como sistemas que farão uso mais sustentável dos recursos da terra na Amazônia e que deverão substituir gradualmente ou se associar com sistemas de uso de terra atualmente vigentes, como os sistemas pecuários baseados em pastagem, a agricultura migratória de terra firme e extrativismo de produtos não-madeireiros (SERRÃO, 1992). Necessário se faz manejo controlado dessa atividade, para evitar ou minimizar a infestação por plantas daninhas nos mesmos.



**Figura 2.** Arco do desmatamento. :

**Fonte:** Adaptado de EMBRAPA, O Brasil visto do Espaço, 2006

Nos sistemas agroflorestais, as áreas geralmente são utilizadas com espécies cultivadas de vários portes. De acordo com Sousa (1995), as combinações de espécies nesses sistemas exercem influência na densidade das invasoras, impactando na fitomassa, na frequência e na densidade das mesmas. Schulz et al., (1994) informam que os sistemas agroflorestais ainda podem minimizar a competição entre as espécies e melhorar a produção das áreas de produção. Nos SAFs, os arranjos espaciais e temporais das espécies cultivadas e níveis de fertilidade do solo podem exercer ou não pressão sobre o número de espécies de plantas daninhas.

Alvim (1990) relata que os problemas da agricultura nos trópicos úmidos estão relacionados direta ou indiretamente com o regime de chuvas, sendo os mais importantes os seguintes: a) o excesso de plantas daninhas, em consequência das condições favoráveis para o crescimento vegetal durante todo o ano; b) rápida degradação do solo; c) alta incidência de enfermidades. A ocorrência de plantas daninhas em sistemas agroflorestais causa a redução no crescimento dos componentes, além de dificultar o seu estabelecimento (AKOBUNDU, 1987; OLADOKUN, 1989). Nas condições do trópico úmido, as plantas daninhas constituem um dos mais sérios problemas de natureza bio-econômica encontrada pelos produtores (MASCARENHAS et al., 1999).

Um outro problema também relacionado às plantas daninhas, é que, em regiões tropicais, a regeneração da vegetação após a retirada da floresta se dá principalmente por meio da dispersão de sementes oriundas de áreas próximas e do banco de sementes (MIRITI, 1998; UHL et al., 1998). Dias – Filho (1990, 1998a) também cita que um dos mais graves problemas no manejo das pastagens é a infestação e o aumento da densidade de plantas daninhas associadas à redução na produção da forragem.

Verifica-se que um dos principais obstáculos para o estabelecimento de sistemas agroflorestais na região é o controle de plantas daninhas, pois, com a derrubada da floresta tropical úmida ou da vegetação secundária “capoeira”, elas multiplicam-se rapidamente. Um dos métodos mais comuns para o controle destas plantas é a capina ou roçagem manual, que onera os custos de implantação e manutenção dos cultivos, principalmente na formação de cacauais em sistemas agroflorestais (SILVA NETO, 1994).

Embora as plantas daninhas em determinadas ocasiões causem danos econômicos à lavoura, elas podem assumir importância econômica em alguns casos, bem como melhorar as características físico-químicas do solo e sua conservação (ARAÚJO et al., 2000). Além disso, algumas dessas plantas daninhas podem ser agrupadas em: comestíveis, apícolas, medicamentosas, forrageiras e ornamentais (SILVA, 1983; BRANDÃO et al., 1985; SILVA NETO, 1990).

Geralmente, as pesquisas relacionadas ao controle de plantas daninhas mencionam as principais espécies seguidas do controle ou não pelo herbicida. Entretanto, são raros os trabalhos que apresentam a análise quantitativa de plantas daninhas ocorrentes nas principais culturas.

Para se estabelecer métodos adequados de controle, é importante que sejam feitos levantamentos e identificação das plantas daninhas presentes, pois um mesmo herbicida não apresenta espectro de ação suficiente para controlar todas as espécies existentes na área a ser cultivada (BRIGHENTI et al., 2003).

Uma preocupação atual está relacionada com os impactos ambientais promovidos pelos herbicidas. Para Spadotto (2002), deve-se realizar o levantamento das propriedades e condições do solo, geologia, clima etc, também o potencial da carga poten-

cialmente contaminante do herbicida, com especificidade de conhecimento de suas propriedades físico-químicas.

Desta forma, as diversas operações no controle de plantas daninhas devem ser realizados com rapidez e eficiência. De acordo com Souza et al. (2000), o conhecimento das espécies invasoras e de sua distribuição constitui a base para o uso de práticas agrícolas que permitam um manejo mais adequado dos cultivos, contribuindo para aumentos da produtividade das culturas.

Devido a essa problemática, o trabalho teve como objetivo mostrar através de revisão bibliográfica, os principais estudos científicos realizados na Amazônia brasileira sobre o levantamento das espécies de plantas daninhas que ocorrem em sistemas de produção, tais como: pecuária (pastagens), cultivos perenes, sistemas agroflorestais e também os efeitos alelopáticos de plantas.

## **Metodologia**

O levantamento das espécies de plantas daninhas que infestam áreas de pastagens e cultivos agrícolas na Amazônia brasileira resultou, a priori, da reunião de vários trabalhos. A metodologia empregada neste levantamento consistiu na busca e consulta às seguintes fontes: pesquisa na internet, informações da literatura, revista *Planta Daninha*, informações com pesquisadores, etc. No entanto este levantamento deve ser considerado como uma amostragem, e não tem pretensão de esgotar o tema das espécies de invasoras que ocorrem na região Amazônica brasileira.

## **Principais Plantas Daninhas em Áreas de Cultivo**

### **a) Pastagens**

Na Amazônia brasileira, região isolada geograficamente do resto do país por séculos, a pecuária foi, por muito tempo,

uma atividade econômica concentrada apenas em pastagens nativas da ilha do Marajó, ao longo da calha do rio Amazonas, e no antigo Território Federal de Roraima. Nas décadas de 60 e 70, com incentivos fiscais e a abertura das estradas pioneiras, o governo federal adotou a geopolítica de “ocupar a Amazônia pela pata do boi”. Em face dessa política, imensas áreas de floresta foram derrubadas e substituídas por pastagens cultivadas (VEIGA, et al., 2000). Na formação dessas pastagens as gramíneas mais utilizadas foram: *Panicum maximum*, *Brachiaria humidicola* e *Brachiaria brizantha*.

No contexto do desenvolvimento agropecuário na Amazônia, a pecuária substituindo florestas é uma atividade econômica muito importante, sendo desenvolvida em toda a região onde cerca de 5.000 médios e grandes produtores exploram principalmente a produção de carne. A pecuária extensiva em áreas florestadas é o sistema de uso de terra que tem contribuído para a maior quantidade de desmatamentos na região e tem sido seriamente questionada devido suas implicações socioeconômicas e ecológicas negativas, que lhe conferem baixos níveis de sustentabilidade. Esses baixos níveis estão relacionados principalmente com os modelos de exploração extensiva adotados no processo de abertura de fronteiras, principalmente nas décadas de 60 e 70 com base em pastagens de primeiro ciclo. A partir dos meados da década de 80, com o aumento do conhecimento científico sobre a interrelação de fatores de degradação de pastagens e das experiências positivas do próprio setor produtor, a pecuária nessas áreas já exploradas começou a experimentar um crescimento de seus níveis de sustentabilidade, onde a recuperação de áreas degradadas com o uso de pastagens e manejo melhorados, vem tendo papel relevante (SERRÃO, 1992).

Atualmente, de acordo com informações da Federação da Agricultura do Estado do Pará – FAEPA, a região sudeste

paraense ganha dinamismo na agropecuária. Em 44 municípios dessa região que se concentra cerca de 75% do rebanho bovino paraense de aproximadamente 20 milhões de cabeças, considerado o quarto maior do país. A vantagem competitiva dos bovinos é muito grande. Segundo a FAEPA, tem-se as melhores condições para a criação de gado, como elevada luminosidade, grande quantidade de água, uma padronização climática e animal criado a capim.

A formação de pastagens é feita pelo método tradicional de preparo da área, broca, derrubada e queima, sendo o capim plantado por sementes, principalmente o *Panicum maximum*. Nos primeiros anos após a formação, as pastagens apresentam alta produtividade, principalmente as de colônia, devido ao aumento da fertilidade dos solos, causado pela incorporação das cinzas (FALESI, 1976).

O declínio da produtividade da pastagem está associado ao superpastejo, a fertilidade do solo que tende a diminuir com o decorrer dos anos a níveis bastante reduzidos, especialmente o nutriente fósforo; as queimadas indiscriminadas; ao manejo inadequado; ao clima que favorece o aparecimento de pragas e doenças; e à elevada infestação de plantas daninhas (DUTRA et al, 2004; VEIGA et al, 2000; MODESTO JUNIOR; MASCARENHAS, 2001). Segundo Dias-Filho (1998b), se as plantas daninhas não forem controladas adequadamente, nem implementadas medidas para o restabelecimento da produtividade da forrageiras, pode ocorrer alta infestação de plantas daninhas, levando à degradação da pastagem, resultando na completa perda da produtividade e no posterior abandono da área.

A pecuária como exploração do uso da terra é a principal forma de ocupação e de desmatamento na região, apesar da baixa produtividade e das conseqüências ambientais. O declínio da

produtividade da pastagem está associado ao superpastejo, à baixa fertilidade do solo, as queimadas indiscriminadas, ao manejo inadequado e à elevada infestação de plantas daninhas herbáceas e arbustivas, anuais ou perenes, geralmente denominadas de “juquira” na região (SERRÃO; FALESI, 1977; SERRÃO et al, 1979; VEIGA et al, 2000; MODESTO JUNIOR; MASCARENHAS, 2001). Se essas plantas não forem controladas adequadamente, podem levar à degradação da pastagem, resultando na completa perda de produtividade e no posterior abandono da área.

Em estudos sobre plantas daninhas de uma pastagem cultivada de baixa produtividade no nordeste paraense, Mascarenhas et al., (1999) efetuaram levantamentos botânicos qualitativos, pelo método visual e coleta de todas as espécies presentes na área e concluíram que as plantas daninhas mais importantes foram: *Borreria verticillata*, *Rolandra argentea*, *Desmodium canum*, *Davilla rugosa*, *Vismia guianensis* e *Imperata brasiliensis*.

No município de Terra Alta - PA, foi realizado um levantamento florístico em 0,33ha de área cultivada com o *Brachiaria humidicola*, foram registrados 4.700 indivíduos, distribuídos em 17 famílias botânicas, representadas por 36 espécies vegetais. Destacaram-se as famílias Poaceae, Rubiaceae, Fabaceae, Asteraceae e Solanaceae. As plantas daninhas consideradas de maior importância na comunidade vegetal foram: *Borreria verticillata*, *Hyptis atrorubens*, *Rolandra argentea*, *Desmodium canum*, *Panicum pilosum*, *Davilla rugosa*, *Imperata brasiliensis*, *Paspalum maritimum*, *Veronia scorpioides* e *Vismia guianensis* (MODESTO JUNIOR; MASCARENHAS, 2001).

Em levantamento da comunidade de plantas invasoras cultivadas em pastagens cultivadas nos principais centros pecuários do Estado do Pará, foram identificadas 144 espécies de plantas daninhas, sendo as representantes mais comuns as famílias

Malvaceae, Convolvulaceae, Cyperaceae, Rubiaceae e Solanaceae (GONÇALVES et al., 1974). Dantas; Rodrigues (1980) em experimentos de pastejo com cerca de 150 ha cada um, realizaram coletas qualitativas seguidas de estimativas de frequência nos municípios de Paragominas – PA, Santana do Araguaia – PA e Itacoatiara – AM. O maior número de espécies foi encontrado em Paragominas e Santana do Araguaia. As famílias mais bem representadas são Leguminosae, Compositae, Gramineae, Euphorbiaceae, Cyperaceae, Solanaceae e Malvaceae. Foram também encontradas algumas espécies consideradas tóxicas. A maioria da espécies encontradas são de difícil controles, principalmente após a produção e maturação dos frutos. Há necessidade de um estudo do ciclo biológico das espécies mais frequentes e mais persistentes para determinar a época de um controle mais efetivo e a forma mais prática e econômica de efetuá-lo.

Dias Filho (1990) apresenta algumas variáveis biológicas e ecológicas, relacionando com estratégias de manejo e controle as seguintes espécies invasoras frequentes nos ecossistemas de pastagens cultivadas: *Andropogon bicornis*, *Paspalum virgatum*, *Cassia obtusifolia*, *Mimosa pudica*, *Eupatorium odoratum*, *Vernonia spp*, *Ipomoea assarifolia*, *Lantana camara*, *Pteridium aquilium*, *Sida spp.*, *Solanum crinitum* e *Vismia guianensis*.

Dutra et al., (1990), levantando os sistemas de produção pecuária na região de Paragominas-PA, identificaram as seguintes espécies invasoras, com alta ocorrência, nos ecossistemas de pastagens cultivadas: *Vernonia scabra*; *Eupatorium squalidum*; *Sida spp*; *Solanum spp*; *Solanum crinitum*; *Cassia tora*; *Vismia guianensis*; *Borreria verticillata*; *Mimosa pudica*, além de espécies tóxicas, com ocorrência de baixa a alta: *Palicourea markgravii*; *Lantana camara*; *Cassia occidentalis*; e *Crotalaria spectabilis*. Esta diversidade de ocorrência de plantas invasoras e ervas tóxicas nas pastagens tem sido

a maior preocupação nas propriedades amostradas, demandando maiores ações de pesquisa visando seu estudo e controle.

Vale ressaltar que, como acontece nas áreas de pastagens, quando se deseja realizar a implantação de sistemas agroflorestais, principalmente com cacau, se a área não for realmente utilizada com espécies de sombreamento provisório, definitivo (espécies arbóreas) e com consórcios com cultivos de ciclo curto, ocorre também a infestação de plantas daninhas, tais como ocorre nas pastagens. Em estudos realizados por Silva; Dias-Filho (2001) se concluiu que as famílias botânicas Cyperaceae, Rubiaceae e Labiateae foram as de maior predominância entre as plantas daninhas infestantes da área com pastagens, sendo possível que estas famílias tenham se destacado das demais devido à alta produção de sementes, aliada a outros mecanismos, como dormência, longevidade de dispersão, contribuindo assim, para a ocorrência de grandes bancos de sementes no solo.

Com relação aos estudos desenvolvidos sobre a ecologia das sementes e banco de sementes em ambientes de pastagens na Amazônia, destacam-se os estudos de Dias Filho, (1994, 1996, 1998b, 1999), e os relacionados a dormência e germinação de sementes de plantas daninhas de pastagens cultivadas destacam-se os de Souza Filho et al., (1998, 2001). Em trabalho realizado para se estudar o banco de sementes do solo de uma pastagem de *Brachiaria brizantha* com 04 anos de idade e de pastagens de *Brachiaria humidicola* com 4, 15 e 20 anos de idade, localizadas no Estado do Pará, observou-se que o banco de sementes do solo da pastagem de *B. brizantha* foi em torno de 10 vezes menor que o da pastagem de *B. humidicola* na mesma idade. As famílias botânicas Cyperaceae, Rubiaceae e Labiateae foram as de maior predominância entre as plantas daninhas infestantes da área (SILVA; DIAS-FILHO, 2001).

Em trabalho realizado por Dutra et al., (2004), sobre a fitossociologia de plantas invasoras de pastagens cultivadas com *Brachiaria humidicola* e *Brachiaria brizanta* em fazendas representativas dos municípios de Castanhal, Terra Alta e Paragominas, localizados na região nordeste do Pará, verificaram que a composição florística de comunidades de invasoras está representada por 24 famílias, 50 gêneros e 66 espécies, e a análise dos parâmetros fitossociológicos indicaram as seguintes espécies de maior importância fitossociológica nos escossistemas de pastagens cultivadas estudados: *Vismia guianensis*, *Davilla rugosa*, *Borreria verticillata*, *Casearia grandiflora*, *Rolandra argentea*, *Panicum maritimum*, *Eupatorium squalidum*, *Vernonia scabra*.

Em estudos sobre levantamento de invasoras para avaliar a composição química das espécies consumidas por bovinos em pastagens cultivadas em quatro fazendas no município de Paragominas- PA, Camarão et al., (1990) concluíram que 48 famílias, 118 gêneros e 179 espécies de plantas constituem a comunidade de invasoras das pastagens. As famílias Leguminosae, Compositae, Gramineae, Rubiaceae, Solanaceae, Bignoniaceae, Verbenaceae e Cyperaceae, são as que concentram o maior número de invasoras. As espécies mais frequentes são *Calopogonium mucunoides*, *Stachytarpheta cayennensis*, *Vismia guianensis*, *Memora flavida* e *Banara guianensis*. As espécies *Solanum rugosum*, *Eupatorium odoratum*, *Rolandra argentea*, *Calopogonium mucunoides*, *Gouania cornifolia*, *Stachytarpheta cayennensis* são as mais consumidas pelo gado.

Avaliando o desenvolvimento e a concentração de nutrientes na parte aérea e nas raízes do *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (capim-marandu) e da planta daninha *Urena lobata* (malva), quando cultivados em diferentes níveis de pH, Souza Filho et al., (1999) observaram que tanto a gramínea forrageira como

a planta daninha responderam diferentemente a variação de pH. O capim marandu apresentou maior sensibilidade às variações do pH, tendo sido a produção de matéria seca da parte aérea e das raízes sempre crescente em função do aumento do pH. Por sua vez, a produção de matéria seca das duas frações da planta daninha não foi influenciada pela variação do pH.

Em investigações sobre plantas tóxicas da Amazônia a bovinos e outros herbívoros, Tokarnia et al., (1979) concluíram que em terra firme quase todas as mortes causadas por plantas tóxicas são devidas a *Palicourea marcgravii*, da família Rubiaceae. Por outro lado na várzea, na área do Rio Amazonas a principal planta responsável pelas morte é *Arrabidae bilabiata*, e na do Rio Branco e seus afluentes é *Arrabidae japurensis*, ambas da família Bignoniaceae. Todas essas plantas causam morte súbita. Esses autores também apresentaram plantas tóxicas conhecidas em outras regiões do Brasil e que ocorrem na região Amazônica: *Ipomoea fistulosa*, *Ipomoea asarifolia*, *Lantana* spp., *Pteridium aquilinum*, *Ricinus communis* e *Maninhot* spp.

## **b) Cacaucultura**

O cacauieiro (*Theobroma cacao* L.), pertencente à família Sterculiaceae, é árvore típica de clima tropical, nativa da região de floresta úmida do continente Sul Americano. De acordo com Alvim (1989), o cacauieiro, por ser uma planta tolerante à sombra, é cultivado tradicionalmente em ambiente umbrófilo, sob sombreamento de topo proporcionado por diversas espécies arbóreas, apresentando uma condição ecológica assemelhada à existente em uma floresta natural em relação contrária à erosão, lixiviação e compactação do solo. O cultivo do cacauieiro pode ser visto como um sistema agroflorestal, onde os modelos e o manejo do plantio e da sombra oferecem maior sustentabilidade social, econômica e ambiental.

No Brasil, a cadeia produtiva do cacau envolve, investimentos da ordem de 2,3 bilhões de reais, sendo 1,7 bilhão no setor primário (terra, árvores e benfeitorias). É responsável por aproximadamente 300 mil empregos diretos, mas do cacau dependem mais de três milhões de pessoas. Cerca de 100 municípios do sul da Bahia têm suas economias baseadas no cacau, sendo cultivado em vinte e nove mil propriedades, em área superior a 700 mil hectares (NASCIMENTO et al., 1994; FÓRUM NACIONAL DA AGRICULTURA, 1997). Na Amazônia, o cacauzeiro é cultivado em 98 municípios, envolvendo 12.654 produtores, em uma área de aproximadamente 100 mil hectares, a produção é de aproximadamente 60.000 toneladas de amêndoas secas de cacau (MARTINS, 2001).

O cultivo do cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.) em sistemas agroflorestais na Região Amazônica é uma alternativa econômica para os sistemas agrícolas que deverão ser utilizados nas áreas alteradas e naquelas cujos levantamentos edafoclimáticos permitem introduzi-lo. Verifica-se que um dos principais obstáculos para o estabelecimento de sistemas agroflorestais na região é o controle de plantas daninhas, pois, com a derrubada da floresta ou da vegetação secundária “capoeira”, elas multiplicam-se rapidamente. A ocorrência de plantas daninhas em sistemas agroflorestais causa a redução no crescimento dos componentes do sistema e ainda dificulta o estabelecimento deste.

Em levantamentos realizados por Silva Neto (1994 e 2005) na região da Transamazônica entre os municípios de Altamira e Uruará, no Estado do Pará, as plantas invasoras foram identificadas e separadas por família, espécie, nome comum, código e frequência. Foram identificadas na Estação Experimental Paulo Dias Morelli, pertencente à CEPLAC, localizada no município de Medicilândia, 23 espécies de plantas invasoras, distribuídas em 11

famílias. Constatou-se que o *Panicum maximum* Jacq teve uma freqüência acima de 50%; *Commelina benghalensis* ficou com 30 a 40% de freqüência; as seguintes espécies: *Alternanthera tenella* Colla, *Andropogon leucostachyus* Kunt, *Emilia sonchifolia* (L.) DC., *Emilia sonchifolia* (L.) DC., *Hyptis lophanta* Mart., *Hyptis mutabilis* (A. Rich.) Briq., *Phyllanthus niruri* L., *Spermacoce verticillata* L. apresentaram freqüência de 11-20%.

Em área de agricultores que cultivam o cacauzeiro em sistemas agroflorestais nos municípios de Altamira, Brasil Novo, Medicilândia e Uruará, foram identificadas 31 espécies de plantas daninhas. As famílias Commelinaceae e Gramínea (Poaceae) foram as que apresentaram maior freqüência. Verificou-se que muitas das plantas daninhas de ocorrência na área experimental da Estação Experimental "Paulo Dias Morelli" também estavam presentes nessas áreas, sendo que o *Panicum maximum* Jacq se apresenta em todas elas com relativa abundância. Isto pode ter acontecido, devido ao processo de pecuarização, que pode ter ocorrido nesses municípios, pois os fazendeiros na formação de pastagens utilizavam muito as sementes deste capim para formação de pastos e também raramente o *Brachiaria brizanta*.

De acordo com Kissmam; Groth (1991-1997) o *Panicum maximum*, popularmente conhecido como capim-colonião, é uma espécie originária da África e da Índia e tem sido amplamente disseminado pelas regiões tropicais e subtropicais do mundo, por causa de suas excepcionais qualidades como forrageira. No Brasil, as primeiras introduções dessa espécie foram feitas no tempo da escravidão, havendo hoje ampla distribuição em quase todo território nacional, com exceção das regiões mais frias. De acordo com esses autores, trata-se de uma das melhores forrageiras para regiões quentes e com boa distribuição de chuvas, produzindo enorme quantidade de massa verde, que o gado aprecia, durante todo o ano.

A espécie *C. benghalensis* além de se reproduzir vegetativamente por meio de rizomas e da emissão de raízes e brotos nos nós de pedaços do caule, ela produz dois tipos de sementes: aéreas, oriundas de flores allogâmicas, e subterrâneas, oriundas de flores cleistogâmicas (Santos et al., 2001; Kissmann e Groth, 1991-1997). Em estudo sobre manejo de plantas daninhas em sistemas agroflorestais da Amazônia, Carvalho; Torres (1994) verificaram que algumas plantas daninhas estão mais adaptadas às condições de sombra produzida pelas árvores e outras se desenvolvem melhor nas condições de cultivos anuais. Entre estas plantas se destacam *Commelina spp.*, *Digitaria spp.*, *Eleusine indica*, *Panicum maximum*, *Brachiaria plantaginea*, *Cynodon dactylon*, *Imperata spp.*, *Bidens pilosa*, *Galinsoga parviflora*, *Emilia sonchifolia*, *Portulaca oleraceae*, *Sida spp.*, *Alternanthera ficoidea* e *Amarantus spp.*

Na cultura do cacauieiro em sistemas agroflorestais, a competição pelos fatores de crescimento tem sido muito variada, porém, é indispensável o controle de plantas daninhas, o qual deverá persistir até que a plantação tenha desenvolvido copa suficiente para reduzir a competição das invasoras pelo efeito da sombra (GARCIA et al., 1985; SILVA NETO, 1994; SILVA NETO et al., 2001).

### **c) Guaranazeiro**

O guaraná (*Paullinia cupana*) é uma das espécies mais importantes da Amazônia, pelo seu potencial econômico, social e ecológico. O Brasil é, ainda, o único produtor comercial de guaraná do mundo. Estima-se que a produção nacional de guaraná esteja em torno de 3.600 t/ano.

No Estado do Amazonas, o município de Maués constitui-se no maior produtor de guaraná, com envolvimento de, aproximadamente, 2.600 famílias, que cultivam 3.120 hectares, e uma produção média de 270 toneladas de grãos. Até recentemente o

Estado do Amazonas era o maior produtor de guaraná do País. Entretanto, devido a incidência de antracnose, este quadro foi alterado, sendo atualmente a Bahia o principal estado produtor. Os estados de Mato Grosso e Rondônia também mostram tendência de se tornarem grandes produtores de guaraná do País (ATROCH et al., 1999)

Levantamento sobre a composição florística das plantas daninhas na cultura do guaraná em cinco municípios (Coari, Iranduba, Maués, Presidente Figueiredo e Uruará) do Estado do Amazonas identificou em 14.707 indivíduos, a distribuição em 40 famílias e 87 espécies, das quais 70 eram Dicotiledôneas, 13 Monocotiledôneas e quatro Pteridófitas. As Dicotiledôneas apresentaram maior número de família e as Monocotiledôneas de indivíduos. As Pteridófitas ocorreram de forma inexpressiva em todos os municípios. As principais espécies, dentre outras, foram: *Panicum pilosum*, *Panicum laxum*, *Scleria malaleuca*, *Chamaesyce hirta*, *Homolepis aturensis*, *Paspalum conjugatum* e *Spermacocè capitata* (ALBERTINO et al., 2004)

#### **d) Sistemas Agroflorestais**

Em sistemas agroflorestais constituídos por mandioca e fruteiras (cupuaçuzeiro, bananeira, pupunheira e ingazeiro); cultivos anuais (arroz e feijão caupi) e fruteiras no município de Presidente Figueiredo, no Estado do Amazonas, Souza et al.,(2000) verificaram que as seguintes plantas daninhas apresentaram maiores densidades e freqüências: *Ambrosio elatior*, *Cecropia* sp.; *Homolepis* sp.; *Oldenlandia corymbosa*; *Paspalum conjugatum* e *Solanum rugosum*. Destacaram também que *Paspalum conjugatum* merece especial atenção para o seu controle por ser uma planta C4 e sobreviver em ambientes com baixos níveis de radiação solar, comum em sistemas agroflorestais.

Trabalho realizado por Souza et al., (2000) na Fazenda Experimental da Universidade do Amazonas, com levantamento de espécies de plantas daninhas que ocorrem nos cultivos de cupuaçuzeiro e pupunheira em monocultura e como componentes de sistemas agroflorestais, foram encontradas 21 espécies de plantas daninhas pertencentes a 12 famílias. A família mais expressiva foi a Poaceae, apresentando quatro espécies, sendo as que mais ocorreram *Homolepsis aturiensis* e *Panicum laxum*. As famílias Fabaceae, Rubiaceae e Cyperaceae foram as que apresentaram maior frequência. Destas as mais frequentes foram *Desmodium incanum*, *Spermacoce verticilata* e *Rynchospora ciliata*.

Quando não se tem interferência de plantas daninhas provenientes de áreas de formação de pastagens, geralmente se observa uma composição mais equilibrada de espécies. Neste sentido, Sousa et al., (2000), estudando a composição florística de plantas invasoras em sistemas agroflorestais com o cupuaçuzeiro, identificaram 55 espécies de plantas invasoras, distribuídas em 23 famílias botânicas, sendo 43 espécies dicotiledôneas, 11 monocotiledôneas e uma pteridófito.

Em estudo preliminar de ocorrência de plantas espontâneas em dois sistemas agroflorestais no Estado do Acre; Araújo, Alechandre e Paiva (2000) identificaram 19 espécies de plantas invasoras pertencentes a 15 gêneros, englobados em oito famílias. As famílias mais representativas foram Gramineae (oito espécies), Cyperaceae (duas espécies), Verbenaceae (duas espécies), Malvaceae (duas espécies), Compositae (duas espécies), Euphorbiaceae (uma espécie) e Leguminosae (uma espécie).

### **e) Alelopatia**

O termo alelopatia refere-se aos efeitos injuriosos das plantas de uma espécie vegetal sobre o crescimento e/ou desenvolvimento de plantas de outra espécies, através da liberação de subs-

tâncias químicas no ambiente comum. Os processos alelopáticos também existem entre plantas e microorganismos, microorganismos e microorganismos, plantas e animais (PITELLI, 1985). Alguns autores também conceituam a alelopatia como efeito direto e indireto de uma planta sobre outra através de produção de compostos químicos que são liberados para o meio ambiente por diferentes formas como volatilização, exsudação radicular, lixiviação e decomposição dos resíduos das plantas (ETHERINGTON, 1975; RICE, 1984; EINHELING, 1986).

A alelopatia é vista como um fenômeno que ocorre amplamente em comunidades de plantas cultivadas, sendo postulada como um dos mecanismos pelos quais as plantas invasoras interferem no crescimento das plantas forrageiras, produzindo modificações na população e no padrão da vegetação na comunidade (WARDLE et al., 1991; SMITH, 1987; SMITH, 1990)

Examinou-se o potencial alelopático da planta invasora de pastagem assa-peixe (*Vernonia polyanthes*), através dos efeitos dos extratos aquosos (concentração de 10%) da parte aérea, de raízes e de sementes sobre a germinação e o alongamento da radícula das gramíneas forrageiras *Brachiaria humidicula*, *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. O pH, a condutividade e o potencial osmótico foram determinados em cada extrato, e os resultados indicaram que tanto o pH como a concentração de cátions não contribuíram para os resultados encontrados. A *Vernonia polyanthes* evidenciou potencialidades alelopáticas que variaram em função da espécie receptora e da parte da planta doadora do extrato (SOUZA FILHO et al., 1996).

Estudando sobre os efeitos do potencial alelopático de forrageiras tropicais sobre invasoras de pastagens, Souza Filho et al., (1997) também concluíram que das espécies doadoras *Brachiaria brizantha*, dentre as gramíneas, e calopogônio, entre as

leguminosas, foram as mais eficientes na redução da germinação e do alongamento da radícula das espécies receptoras, principalmente de assa-peixe (*Vernonia polyanthes*).

Em estudos sobre o estágio de desenvolvimento e estresse hídrico e as potencialidades alelopáticas do capim-marandu, Souza Filho et al., (2002) utilizou como plantas receptoras *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e cv. Bandeirante, *Pueraria phaseoloides*, *Senna obtusifolia*, *Senna occidentalis*, *Mimosa pudica*, *Stachytarpheta cayenensis* e *Urena lobata*. Os resultados obtidos mostraram que a germinação foi reduzida em maior magnitude pelos extratos aquosos preparados a partir de material (folha e colmos) colhido durante a fase vegetativa do capim-marandu. A imposição do estresse hídrico nas intensidades de 6 a 12 dias, tanto na fase vegetativa como reprodutiva, não promoveu interferências nas potencialidades alelopáticas do capim-marandu.

As gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria* possuem atividade potencial alelopática. Neste sentido foi realizado um trabalho com a finalidade de isolar, identificar e caracterizar a atividade alelopática de substâncias químicas produzidas pela gramínea forrageira *Brachiaria humidicola* sobre a germinação e o desenvolvimento da radícula das invasoras malícia (*Mimosa pudica*), fedegoso (*Senna occidentalis*) e mata-pasto (*Senna obtusifolia*). A partir do extrato hidrometanólico, foi isolado e identificado o ácido *p*-cumárico. Os efeitos alelopáticos estiveram positivamente relacionados à concentração do ácido, à espécie de planta daninha e à característica da espécie analisada. Comparativamente, fedegoso e malícia se mostraram mais sensíveis aos efeitos alelopáticos (SOUZA FILHO et al., 2005).

### **Considerações Finais**

De todas as espécies econômicas cultivadas na Amazônia Brasileira, as que possuem sistema de produção, recomendações

básicas para o cultivo, ou recomendações do plantio a colheita (açai, cacau, cupuaçu, pimenta-do-reino, seringueira, bananeira, café, dendê, arroz, feijão caupi, milho, soja, mandioca, laranja, abacaxi, maracujá, mamão hawaii, bacuri, mangostão, urucum, guaraná etc) possuem itens sobre o controle de plantas daninhas, e alguns trabalhos de controle ou manejo citam somente algumas espécies de plantas daninhas que foram controladas por herbicidas, manual ou tratorizada. Dessa maneira, conclui-se que é imprescindível o estudos de espécies de invasoras que ocorrem em áreas cultivadas. Estudos nesse sentido também estão faltando para os cultivos em áreas de várzea.

Na Tabela I, em anexo, estão relacionadas as plantas daninhas mais importantes, de acordo com os trabalhos levantados, que ocorrem em pastagens, cacau, guaraná, sistemas agroflorestais e as que foram estudadas através da alelopatia. Essas plantas daninhas estão separadas por espécie, família, nome comum, código e cultivos em que são invasoras.

No levantamento realizado dos trabalhos sobre as plantas daninhas, observou-se que a região é imensa e o quantitativo de pesquisadores e instituições que trabalham com o levantamento de espécies de plantas daninhas, métodos de controle e novas descobertas como através da alelopatia é muito reduzido.

**Tabela I.** Principais espécies de plantas daninhas de ocorrência em cultivos e em estudos de alelopatia na Amazônia brasileira. P- pastagem; C- Cacau; G-Guaraná; S- Sistemas Agroflorestais; A- Alelopatia.

Família / Espécie	Família	Nome Comum	Culturas					
			P	C	G	S	A	
<i>Acalypha arvensis</i> Poepp&Endl	Euphorbiaceae	Urtiga-grande		X				
<i>Alternanthera tenella</i> Colla	Amaranthaceae	Apaga-fogo		X				
<i>Alternanthera ficoidea</i> (L.) R. B.	Amaranthaceae	Carrapicho		X		X		
<i>Amaranthus deflexus</i> L.	Amaranthaceae	Caruru		X				
<i>Amaranthus spinosus</i> L.	Amaranthaceae	Caruru		X				
<i>Amaranthus virides</i> L.	Amaranthaceae	Caruru		X				
<i>Ambrosio elatior</i> L.	Asteraceae	Ambrósia					X	
<i>Andropogon leucostachyus</i> Kunt	Gramíneae (Poaceae)	Rabo-de-raposa		X				
<i>Andropogon bicornis</i> L.	Gramíneae (Poaceae)	Rabo-de-burro	X					
<i>Arrabidaea bilitata</i>	Bignoniaceae	Cipó	X					
<i>Arrabidaea japurensis</i>	Bignoniaceae	----	X					
<i>Banara guianensis</i> Aubl.	Flacourtiaceae	Lacre branco	X					
<i>Bidens pilosa</i> L.	Asteraceae	Picão-preto		X			X	
<i>Borreria verticillata</i> G. F. W. Mey.	Rubiaceae	Vassourinha de botão	X					
<i>Brachiaria brizantha</i> Stapf.	Gramíneae (Poaceae)	Capim marandu						X
<i>Brachiaria plantaginea</i> (Link) Hitchc.	Gramíneae (Poacea)	Capim marmelada					X	
<i>Calopogonium mucunoides</i> Desv.	Leguminosae	Calopogônio						X
<i>Casearia grandifolia</i> Camb.	Flacourtiaceae	----	X					
<i>Cassia obtusifolia</i> L.	Fabaceae	Mata-pasto	X					
<i>Cassia tora</i> L.	Fabaceae	Mata-pasto	X					
<i>Cassia occidentalis</i> L.	Fabaceae	Fedegoso	X					
<i>Cecropia</i> spp	Cecropiaceae	Embaúba					X	
<i>Chamaesyce hirta</i> (L.) Millsp	Euphorbiaceae	Erva de Santa Luzia		X	X			
<i>Commelina benghalensis</i> L.	Commelinaceae	Maria-mole		X			X	
<i>Commelina</i> spp	Commelinaceae	Trapoeraba		X			X	
<i>Cyniza bonariensis</i> (L.) Cronquist	Compositae	Rabo-de-raposa		X				
<i>Crotalaria spectabilis</i> Roth.	Leguminosae	Chocalho	X					
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Gramíneae (Poaceae)	Capim de Burro					X	
<i>Cyperus distans</i> L.	Cyperaceae	Tiririca		X				
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Cyperaceae	Tiririca					X	
<i>Davilla rugosa</i> Poir	Dilleniaceae	Cipó-de-fogo	X					
<i>Desmodium incanum</i> (Sw.) DC.	Leguminosae	Carrapicho	X				X	
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn	Gramínea)	Capim pé-de-galinha		X			X	
<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC.	Compositae	Serralha, pincel		X			X	
<i>Eupatorium odoratum</i> L.	Asteraceae	Mata-pasto	X					
<i>Eupatorium squalidum</i> DC.	Asteraceae	Mata-pasto	X					
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	Asteraceae	Fazendeiro					X	
<i>Hyptis atrorubens</i>	Labiatae	Hortelã-brava	X					
<i>Hyptis lophanta</i> Mart.	Labiatae	Fazendeiro		X				
<i>Hyptis mutabilis</i> (A. Rich.) Briq.	Labiatae	Cheirosa, Betônica		X				
<i>Homolepis aturiensis</i> Chase	Gramíneae (Poaceae)	Capim Amargoso			X	X		

# Cont. Tabela I

Família / Espécie	Família	Nome Comum	Culturas				
			P	C	G	S	A
<i>Homolepis</i> spp	Gramineae (Poaceae)	----				X	
<i>Imperata brasiliensis</i> Trind.	Gramineae (Poaceae)	Capim sapé	X			X	
<i>Ipomoea asarifolia</i> Desr.	Convolvulaceae	Salsa	X				
<i>Ipomoea fistulosa</i> D.F. Austin	Convolvulaceae	Canudo	X				
<i>Lantana câmara</i> L.	Verbenaceae	Cambará	X				
<i>Leptochloa virginata</i> (L.) Beauv.	Gramineae (Poaceae)	Capim-roxo		X			
<i>Memora flavida</i>	Bignoniaceae	----	X				
<i>Mimosa pudica</i> L.	Leguminosae	Malícia, dormideira	X				X
<i>Oldelandia corymbosa</i> DC.	Rubiaceae	---				X	
<i>Palicourea marcgravii</i> St. Hil.	Rubiaceae	Cafezinho	X				
<i>Panicum laxum</i> Swartz	Gramineae (Poaceae)	Taboquinha			X	X	
<i>Panicum maximum</i> Jacq.	Gramineae (Poaceae)	Capim Colômbio		X		X	
<i>Panicum pilosum</i> Sw.	Gramineae (Poaceae)	---	X		X		
<i>Paspalum conjugatum</i> Berg	Gramineae (Poaceae)	Capim forquilha		X	X	X	
<i>Paspalum maritimum</i> Trind.	Gramineae (Poaceae)	Capim-gengibre	X				
<i>Paspalum virgatum</i> C.&Schlecht.	Gramineae (Poaceae)	Capim do brejo	X				
<i>Phyllanthus niruri</i> L.	Euphorbiaceae	Quebra-pedra		X			
<i>Portulaca oleraceae</i> L.	Portulacaceae	Beldroega				X	
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	Pteridaceae	Samambaia	X				
<i>Ricinus communis</i> L.	Euphorbiaceae	Mamona	X				
<i>Rolandra argentea</i> Rottb.	Asteraceae	---	X				
<i>Rhynchospora ciliata</i> (Vahl) Kuk	Cyperaceae	---					X
<i>Scleria maleleuca</i> Schlect.&Charn.	Cyperaceae	---			X		
<i>Senna obtusifolia</i> (L.) Irwin&Barneby	Caesalpinoideae	Mata-pasto					X
<i>Senna occidentalis</i> (L.) Link	Caesalpinoideae	Fedegoso					X
<i>Sida acuta</i> Burm. F.	Malvaceae	Vassourinha		X			
<i>Sida</i> spp.	Malvaceae	Malva	X				
<i>Solanum crinitum</i> Lamp.	Solanaceae	Jurubeba	X				
<i>Solanum rugosum</i> Dunal	Solanaceae	Cajuçara	X	X		X	
<i>Solanum</i> spp	Solanaceae	Jurubeba	X				
<i>Spermacoce capitata</i> DC.	Rubiaceae	Poaia			X		
<i>Spermacoce verticillata</i> L.	Rubiaceae	Vassourinha-de-botão		X		X	
<i>Sphenoclea zeylanica</i> Gaertn	Sphenocleaceae	Majuba		X			
<i>Stachytarpheta cayennensis</i> Schau.	Verbenaceae	Rinchão	X				X
<i>Stylosantes guianensis</i>	Papilionoideae	Manjerição					X
<i>Vernonia ferruginea</i> Less.	Compositae	Assa-peixe-do-pará		X			
<i>Vernonia polyanthes</i> Less.	Compositae	Assa-peixe					X
<i>Veronia scorpioides</i> Pers.	Asteraceae	Erva São Simão	X				
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choise	Guttiferae	Lacre	X				
<i>Urena lobata</i> Linn.	Malvaceae	Malva					X

## Referências Bibliográficas

- ALBERTINO, S.M.F.; SILVA, J.F.; PARENTE, R.C.; SOUZA, L.A.S. Composição florística das plantas daninhas na cultura de guaraná (*Paullinia cupana*), no Estado do Amazonas. **Planta Daninha**, v.22, n.3, p. 351-358, 2004.
- AKOBUNDU, I. O. Weed science in integrated pest management. In: Kligman, G. C.; Ashton, F. M.; Noordhoff, L. J. **Weed science in the tropics. Principles e practices**. New York: John Wiley. 1987. p. 1-22.
- ALVES, D.S. Space-time dynamics of deforestation in Brazilian. **Amazonia. International of Remote Sensing**, v.23, n.14, p. 2903-2908, 2002.
- ALVIM, P. de T. Agricultura apropriada para uso contínuo dos solos na Região **Amazônica. Espaço, Ambiente e Planejamento**, v.2, nº11: p. 1-72, 1990.
- ALVIM, R. O cacauieiro (*Theobroma cacao* L.) em sistemas agrossilviculturais. **Agrotropica**, v.1, n.2, p. 89-103, 1989.
- ARAÚJO, E. A. de; ALECHANDRE, A. S.; PAIVA, M. do S. Estudo preliminar de ocorrência de plantas espontâneas em dois sistemas agroflorestais no estado do Acre. In: III Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais: Manejando a Biodiversidade e Compõdo a Paisagem Rural, 3., 2000, Manaus. **Anais...** Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p. 186-188. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 7).
- ATROCH, A.L.; CRAVO, M. da S.; NASCIMENTO FILHO, F.J. do; COUTINHO, E. F. Guaraná: principais resultados com clonagem. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. **Pesquisa em Andamento**. n.15, 1999, p.1-2.
- ATROCH, A.L.; CRAVO, M. da S.; NASCIMENTO FILHO, F.J. do; COUTINHO, E. F. Guaraná: principais resultados com
- 
- 1 Simpósio Internacional Amazônico sobre Plantas Daninhas*

clonagem. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. **Pesquisa em Andamento**. n.15, 1999, p.1-2.

BASTOS, T.X. O clima da Amazônia brasileira segundo Koppen. Belém, IPEAN. **Boletim Técnico**, v.54, p.68-122, 1972.

BRANDÃO, M.; LACA-BUENDIA, J. P.; GAVILANES, M. L.; ZURLO, M. A.; CUNHA, L. H. de S.; CARDOSO, C. Novos enfoques para as plantas consideradas daninhas. **Informe Agropecuário**, v. 11, n. 129, p. 3-15, 1985.

BRIENZA JÚNIOR, S. Programa agroflorestral da EMBRAPA/CPATU/PNPF. In: Simpósio sobre o Sistema de Produção em Consórcio para Exploração Permanente dos Solos da Amazônia, 1982, Belém. **Anais...** Belém: EMBRAPA/CPATU/GTZ, 1982. p. 235-242.

BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. de; GAZZIERO, D. L. P.; ADEGAS, F. S.; VOLL, E. Cadastramento fitossociológico de plantas daninhas na cultura de girassol. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 38, n. 5, p. 651-657, 2003.

CAMARÃO, A.P.; SIMÃO NETO, M.; SERRÃO, E.A.S.; RODRIGUES, I.A.; LASCANO, C. Identificação e composição química de espécies de invasoras consumidas por bovinos em pastagens cultivadas em Paragominas, Pará. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1990. 62p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 104).

CARVALHO, E. F. de; TORRES, L. G. Manejo de malas hierbas em sistemas agroflorestales de Amazônia. *Agroforesteria em las Américas*, n.3, p. 6-9, 1994.

COCHRANE, T.T.; SANCHES, L.F.; PORRAS, J.A.; AZEVEDO, L.F.; CARVER, C.L. **Land in tropical América. A guide to climate, landscapes and soils for agronomists in Amazonia**,

**the Andean Piedmont, Central Brasil and Orinoco.** V. 1, 2 and 3. CIAT, Cali, Colombia, 1985. 728p.

COSTA, R.S.C.da; SANTOS, J.C.F.; LEÔNIDAS, F. das C.L. **Manejo de plantas daninhas no cafezal em Ouro Preto do Oeste-RO.** Porto Velho: EMBRAPA – Centro de Pesquisa Agroflorestal de Rondônia. 1997. 3p. (EMBRAPA–CPAF Rondônia. Pesquisa em Andamento, n. 139).

DANTAS, M.; RODRIGUES, I. A. **Plantas invasoras de pastagens cultivadas na Amazônia.** Belém: EMBRAPA-CPATU, 1980. 23p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 1).

DIAS-FILHO, M.B. **Plantas invasoras em pastagens cultivadas da Amazônia: estratégias de manejo e controle.** Belém: EMBRAPA-CPATU, 1990. 103p. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 52).

DIAS-FILHO, M.B. Germination and emergence of *Ipomoea asarifolia* and *Stachytarpetta cayennensis*. **Planta Daninha**, v.14, n.2, p.118-126, 1996.

DIAS-FILHO, M.B. Alguns aspectos da ecologia de sementes de duas espécies de plantas invasoras da Amazônia brasileira: implicações para o recrutamento de plântulas em áreas manejadas. In: GASCON, C.; MOUTINHO, P. eds. **Floresta amazônica: dinâmica, regeneração e manejo.** Manaus: INPA, 1998a. p. 233-248.

DIAS-FILHO, M.B. Pastagens cultivadas na Amazônia Oriental brasileira: Processos e causas de degradação e estratégias de recuperação. In: DIAS, L.E.; MELLO, J. W.V., eds. **Recuperação de áreas degradadas.** Viçosa:UFV / Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998b. p. 135-147.

DIAS-FILHO, M.B. Potential for seed bank formation in two weedy species from Brazilian Amazônia. **Planta Daninha**, v.17, n.2, p.183-188, 1999.

DUTRA, S.; SOUZA FILHO, A.P.S.; MASCARENHAS, R.E.B. **Controle integrado das espécies invasoras assa-peixe e casadinha em pastagens cultivadas de Paragominas, Nordeste Paraense.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 32p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 13)

DUTRA, S.; SILVA, M. F. F. da; QUEIRÓZ, W. T. de. Fitossociologia de plantas invasoras de pastagens cultivadas na região nordeste paraense. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 42, p. 143-164, jul./dez. 2004.

EINHELING, F.A. Mechanisms and modes of action of allelochemicals. In: PUTNAM, A. R.; TANG, C.S. (eds.). **The science of allelopathy.** New York: John Wiley & Sons, 1986. p. 171-188.

ETHERINGTON, J. R. Competition. In: **Environment and plant ecology.** New York: John Wiley & Sons, 1975. p. 276-308.

FALESI, I. C. **Ecosistema de pastagem cultivada na Amazônia Brasileira.** Belém: EMBRAPA-CPATU, 1976. 193p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim Técnico, 1).

FLORES, M.X.; QUIRINO, T.R.; NASCIMENTO, J.C.; RODRIGUES, G.S.; BURCHINELLI, C. **Pesquisa para agricultura sustentada: Perspectivas de política e organização na EMBRAPA.** Brasília: EMBRAPA-SEA. 1991. 28p. (EMBRAPA-SEA. Documento, 5).

FÓRUM NACIONAL DA AGRICULTURA. Grupo Temático Cacao. **Proposta básica de políticas públicas para a cadeia produtiva do cacau.** 1997. 108p.

GARCIA, J. de J. da S., MORAIS, F. I. de O., ALMEIDA, L. C. de, DIAS, J. C. **Sistema de produção do cacauzeiro na Amazônia brasileira.** Belém, PA, CEPLAC/DEPEA. 1985. 118p.

GONÇALVES, C. A.; PIMENTEL, D. M.; SANTOS FILHO, B.G. **Plantas invasoras de pastagens no Estado do Pará.** Belém: Instituto de Pesquisa Agropecuária da região Norte, 1974. p. 25-37. (IPEAN. Boletim Técnico, 62).

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas.** São Paulo: BASF, 1991-1997. Tomo I, 2ª ed. 825p., Tomo II - 798p., Tomo III - 683p.

MARQUES, L.C.T.; KANASHIRO, M.; SERRÃO, E.A.S.; SÁ, T.D. de A. Sistemas agroflorestais: situação atual e potencialidades para o processo de desenvolvimento da Amazônia brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS / ENCONTRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NOS PAÍSES DO MERCOSUL, I., 1994, Curitiba. **Anais....** Curitiba: EMBRAPA/CNPQ/CPAF-RO, 1994. p.159-171.

MARTINS, A.C.S. Introdução. In: SILVA NETO, P.J. da et al. **Sistema de produção de cacau para a Amazônia brasileira.** Belém: CEPLAC, 2001. p.9-11.

MASCARENHAS, R. E. B.; MODESTO JÚNIOR, M. de S.; DUTRA, S.; SOUZA FILHO, A. P. da S.; TEIXEIRA NETO, J. F. Plantas daninhas de uma pastagem cultivada de baixa produtividade no nordeste paraense. **Planta Daninha**, v.17, n. 3, p. 399-418, 1999.

MIRITI, M. N. Regeneração florestal em pastagens abandonadas na Amazônia Central: Competição, predação e dispersão de sementes. In: GASCON, C.; MOUTINHO, P. eds. **Floresta amazônica: dinâmica, regeneração e manejo.** Manaus: INPA, 1998. p. 179-190.

MODESTO JUNIOR, M.S.; MASCARENHAS, R.E.B. Levantamento da infestação de plantas daninhas associada a uma pastagem cultivada de baixa produtividade no nordeste paraense. **Planta Daninha**, Viçosa - MG, v.19, n.1, p.11-21, 2001.

NASCIMENTO, F.R.; LANDIM, A.D.; BARROCO, H.E.; FERREIRA, H.I.S. **A crise da lavoura cacauera**: sua natureza e soluções (uma análise das possibilidades do cacau). Brasília: IPEA, 1994. (Estudos de Política Agrícola, Documentos de Trabalho, 26).

NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL (U.S.). **Committee on selected biological problems in the humid tropics. Ecological aspects of development in the humid tropics.** Nat. Acad. Press, Washington, D.C. 297p.

OLADOKUN, M. A. O. **Weed control in agroforestry systems**: being the report of a study carried out at the ICRAF. Nairobi, Kenya. 1989. p.25.

PITELLI, R. A. Interferências de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, v.11, n. 129, p. 16-27, 1985.

RIBEIRO, N. de F. **A questão geopolítica da Amazônia**: da soberania difusa à soberania restrita. Belém: EDUFPA, 2006. 417p.

RICE, E.L. **Allelopathy**. New York: Academic Press, 1984. 422p.

SABOGAL, C.; ALMEIDA, E.; SILVEIRA, J.; BRIENZA, S. Revisão das experiências de recuperação de áreas alteradas na Amazônia brasileira. Embrapa/Cifor. Disponível em: [www.cifor.cgiar.org/rehab/download/Nota%20divulгатiv.pdf](http://www.cifor.cgiar.org/rehab/download/Nota%20divulгатiv.pdf). Acesso em 15 de jun. 2007.

SANCHES, P.A.; BRANDY, D.E.; VILLACHICA, J.H.; NICHOLAIDES, J.J. Amazon basic soils: management for continuous crop production. **Science**, 216: 821-827, 1982.

SANTOS, A. O. da S., SANTOS, M. M. dos, SCERNE, R. M. C. **Cultivo do cacauero na Amazônia brasileira**. Belém, PA., CEPLAC/DEPEA/COPEs, 1980. 56p. (Comunicado Técnico Especial , 3).

SANTOS, I. C.; FERREIRA, F. A.; MIRANDA, G. V.; SANTOS, L. D. T. Germinação de sementes aéreas e subterrâneas de *Commelina benghalensis*. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.19, n.2, p. 163-170, 2001.

SCHULZ, B.; BECKER, B.; GOTSCH, E. Indigenous knowledge in a “modern” sustainable agroforestry system – a case study from eastern Brazil. **Agroforestry Systems**, 25: 59-69. 1994.

SERRÃO, E. A. S.; FALESI, I. C. Pastagens no trópico úmido brasileiro. In: Simpósio sobre manejo de pastagens, 4º, 1977. Piracicaba, **Anais....** Piracicaba : ESALQ, 1977. p. 177-242.

SERRÃO, E. A. S.; FALESI, I. C.; VEIGA, J. B. da; TEIXEIRA NETO, J.F. Productivity of cultivated pastures on low fertility, soil in the Amazon of Brazil. In: SANCHEZ, P. A.; TERGAS, L.E., eds. **Pastures production in acid soils of the tropics**. Cali: CIAT, 1979. p. 195 – 225.

SERRÃO, E. A. S. Possibilidade para o desenvolvimento agropecuário e florestal sustentado na Amazônica. In: ARAGÓN, L. E. (org.). **Desenvolvimento sustentável nos trópicos úmidos**. Belém-PA:UNAMAZ / UFPA, 1992. p. 435-460.

SILVA, D.S.M.; DIAS-FILHO, M.B. Banco de sementes de plantas daninhas em solo cultivado com pastagens de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria humidicola* de diferentes idades. **Planta Daninha**, v.19, n.2, p.179-185, 2001.

SILVA, J. F. da. **Herbicidas**. Brasília, D. F. MEC/CAPES/ABEAS. (Defensivos Agrícolas; utilização, toxicologia e legislação específica, Módulo 2). 1983.

SILVA NETO, P. J. da. Controle de plantas daninhas em cacauais em formação na região da Transamazônica, Pará. **Agrotropica**, v.6, n.3, p. 85-90, 1994. SILVA NETO, P. J. da S.; MATOS, P. G. G. de; MARTINS, A. C. de S.; SILVA, A. de P. **Sistema de produção**

de cacau para a Amazônia brasileira. Belém, CEPLAC, 2001. 125p.

SILVA NETO, P. J. da. **Indicadores socioeconômicos do caqueiro em sistemas agroflorestais e a influência de plantas daninhas no desempenho produtivo.** 2005. 139p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2005.

SMITH, A.E. Increasing importance and control of mayweed chamomile in forage crops. **Agron. J.**, v.79, n.4, p.657-660. 1987.

SMITH, A.E. Potential allelopathic influence of certain pasture weeds. **Crop Prot.**, v.9, n.6, p.410-414. 1990.

SOUSA, S.G.A. **Dinâmica de plantas invasoras em sistemas agroflorestais implantados em pastagens degradadas da Amazônia Central** (Região de Manaus-AM). Dissertação de Mestrado, Escola Superior “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Universidade de São Paulo. Piracicaba, São Paulo. 1995, 97p.

SOUSA, G. F. de; OLIVEIRA, L. A. de ; SILVA, J. F. da; MOREIRA, A. Composição florística de plantas invasoras em sistemas agroflorestais com cupuaçuzeiro no município de Presidente Figueiredo, Estado do Amazonas. In: III Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais: Manejando a Biodiversidade e Compondo a Paisagem Rural, 3., 2000, Manaus. **Anais...** Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p. 112-114. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 7).

SOUZA, L.S. de A.; SILVA, J. F. da; SOUZA, M.D.B de. Levantamento de plantas daninhas nas culturas de cupuaçu e pupunheira em monocultivo e em agrossistema na Amazônia. In: III Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais: Manejando a Biodiversidade e Compondo a Paisagem Rural, 3., 2000, Manaus. **Anais...** Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p. 226-228. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 7).

SOUZA, M.D.B. de; SILVA, J. F. da; SOUZA, L.S. de A.; SOUSA, G.F. de; FERNANDES, E. Levantamento de plantas daninhas em sistemas agroflorestais no município de Presidente Figueiredo, Estado do Amazonas. In: III Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais: Manejando a Biodiversidade e Compondo a Paisagem Rural, 3., 2000, Manaus. **Anais...** Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p. 223-225. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 7).

SOUZA FILHO, A.P.S.; RODRIGUES, L.R. de A.; RODRIGUES, T. de J.D. Efeitos de extratos aquosos de assa-peixe sobre a germinação de três espécies de *braquiária*. **Planta Daninha**, v.14, n.2, p. 93-101, 1996.

SOUZA FILHO, A.P.S.; RODRIGUES, L.R. de A.; RODRIGUES, T.J.D. Potencial alelopático de forrageiras tropicais: efeitos sobre invasoras de pastagens. **Planta Daninha**, v.15, n.1, p. 53-60, 1997.

SOUZA FILHO, A.P.S.; VELOSO, C.A.C.; GAMA, J.R.N. Capacidade de absorção de nutrientes do capim-marandu (*Brachiaria brizantha*) e da planta daninha malva (*Urena lobata*) em função do pH. **Planta Daninha**, v.18, n.3, p. 443-450, 1997.

SOUZA FILHO, A.P.S.; DUTRA, S.; SILVA, M.A.M.M. Método de superação da dormência de sementes de plantas daninhas de pastagens cultivadas da Amazônia. **Planta Daninha**, v.16, n.1, p.3-11, 1998.

SOUZA FILHO, A.P.S.; ALVES, S.M.; FIGUEIREDO, F.J.C.; DUTRA, S. Germinação de sementes de plantas daninhas de pastagens cultivadas: *Mimosa pudica* e *Ipomoea asarifolia*. **Planta Daninha**, v.19, n.1, p.23-31, 2001.

SOUZA FILHO, A.P.S.; ALVES, S.M.; DUTRA, S. Estádio de desenvolvimento e estresse hídrico e as potencialidades alelopáticas do capim-marandu. **Planta Daninha**, v.20, n.1, p.25-31, 2002.

SOUZA FILHO, A.P.S.; PEREIRA, A.A.G.; BAYMA, J.C. Aleloquímico produzido pela gramínea forrageira *Brachiaria humidicola*. **Planta Daninha**, v.23, n.1, p.25-32, 2005.

SPADOTTO, C.A. **Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental**. Comitê de Meio Ambiente, Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. 2002. Disponível:<http://www.cnpma.embrapa.br/herbicidas>. Acesso em 12/junho/2007.

TOKARNIA, C.H.; DOBEREINER, J.; SILVA, M. F. da. **Plantas tóxicas da Amazônia a bovinos e outros herbívoros**. Manaus: INPA, 1979. 95p.

UHL, C.; BUSCHBACHER, R.; SERRÃO, E. A. S. Abandoned pastures in eastern Amazon. I. Patterns of plants succession. **J. Ecol.**, v. 76, p. 663-681, 1988.

VEIGA, J.B. da; ALVES, C.P.; MARQUES, L.C.T.; VEIGA, D.F. da. **Sistema silvipastoris na Amazônia Oriental**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 2000. 62p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 56).

WARDLE, D.A.; AHMED, M.; NICHOLSON, K.S. Allelopathic influence of nodding thistle (*Carduus nutans* L.) seed on germination and radicle growth of pasture plants. **New Z. J. of Agric. Res.**, v.34, n.2, p. 185-191. 1991.

## IV- Situación de la Malherbología en Chile

*Alberto Pedreros L.*

La producción agropecuaria y silvícola de Chile, representa valores que llegan al 5,5% del total del Producto Interno Bruto (PIB) del país, encontrándose por debajo de actividades como la minería, la industria manufacturera, el transporte, la construcción etc. Si se considera sólo la parte agrícola, dejando lo pecuario y forestal aparte, este porcentaje baja a valores cercanos al 2,7 % en los últimos años, con un leve aumento si se compara con el 2003 (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Balanza comercial de productos silvoagropecuarios por sector ODEPA, basada en información del Servicio Nacional de Aduanas

	US\$ (miles)			
	2003	2004	2005	2006
Agrícola	2.335.858	2.792.689	2.987.819	2.960.090
Pecuario	67.453	214.243	255.649	279.136
Forestal	2.135.322	2.901.192	2.963.854	3.311.491
Total silvo-agropecuario	4.538.632	5.908.124	6.207.321	6.550.717
Total país	98.189.000	104.064.000	110.011.000	114.374.000

La baja importancia que tiene la producción agrícola, se debe principalmente a la escasa superficie con aptitud como tal que tiene el país ya que de los casi 75,7 millones de hectáreas del país, solo un 1,87 millones es apto para cultivos, lo que representa sólo un 2,5 % del total de la superficie del país (Cuadro 2).

## Cuadro 2. Distribución de la superficie de suelos por uso en Chile continental (miles de ha).

Área de uso	Superficie	
	Hectáreas (ha)	Porcentaje (%)
Cultivos	1.870,5	2,5
Praderas	11.810,9	15,6
Forestales	11.678,5	15,4
Suelo no productivo <sup>(1)</sup>	50.334,9	66,5
Total superficie	75.694,4	100

(1) Matorrales y bosques en protección de las cordilleras de la Costa y Andes.

De las tierras destinadas a cultivos, el trigo es y ha sido el principal cultivo anual en el país, llegando a representar más del 45 % de la superficie sembrada con cultivos anuales e incluso superando el 50% en algunas temporadas; sin embargo, las dos últimas temporadas se ha observado una reducción de la superficie de siembra, llegando a ser el 39 % durante el 2006-2007, producto de la mayor importación de trigos más baratos y de menor calidad. Del resto de los cultivos, la avena, que se siembra en rotación con trigo, tiene superficies fluctuantes que dependen mucho del precio interno, que por lo general es bajo. El arroz, en su mayor parte para autoconsumo, tiene una superficie relativamente estable ya que utiliza suelos que no pueden ser utilizados con otros cultivos debido a sus características arcillosas y de alta acumulación de agua. Cebada es una especie de superficie poco estable ya que por lo general se siembra bajo contrato con empresas cerveceras, que algunas temporadas importan y otras realizan contrataos en el país dependiendo de los precios internacionales. El maíz representa un cultivo con superficie relativamente estable ya que hay alta producción de carne de ave y cerdo que utilizan este producto como principal fuente de energía. El poroto es un cultivo que tuvo años con superficies sobre 100.000 ha de siembra, para decaer a partir del 2000 debido a un mercado de exportación poco estable. La remolacha, que fue el cultivo más rentable durante

décadas y pasó las 60.000 has, ha decaído y estabilizado en cifras cercanas a las 25.000 has.

Respecto a los frutales, ocupan una superficie de alrededor de 215.000 ha, con leves variaciones y corresponde a 56 diferentes especies destinadas principalmente a exportación. Entre los frutales mayores, las superficies más importantes corresponden a vides de mesa, manzano, palto, durazno y ciruelos; mientras que entre los frutales menores, con superficies bastante menores, corresponde principalmente a frambuesa, arándano y mandarino.

Entre las hortalizas, hay 53 especies con superficie relativamente importante y que en total ocupan alrededor de 120.000 has. Se destaca el maíz para consumo, arveja verde, cebolla de guarda y lechuga entre las anuales, mientras que entre las perennes está el espárrago y la alcachofa.

Un análisis del rendimiento, indica que la mayoría de los cultivos tuvo aumentos de rendimiento a partir de mediados de la década de los 80 y otros desde 1990 en adelante. El caso específico del trigo, tuvo un aumento a partir del 1982-83 hasta el 2003-04 con un incremento de 1,6 Ton/ha a 4,6 Ton/ha, posteriormente se ha mantenido estable. Por otra parte, la remolacha llegó a alrededor de 80 Ton/ha en el 2004-2005, mientras que el raps o canola, prácticamente desapareció a fines de los 90 para volver a inicios del 2000 con variedades híbridas que aumentaron el rendimiento de inmediato.

**Cuadro 3.** Superficie (ha) sembrada de los principales cultivos anuales, frutales y hortalizas en Chile.

	1980-2000	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07
Trigo	452.149	426.100	415.660	420.400	419.660	314.720	282.400
Avena	75.054	93.250	104.620	122.580	76.680	90.190	103.320
Cebada	28.793	17.450	17.530	11.630	21.500	29.060	20.710
Centeno	2.824	78	47	47			
Arroz	32.039	28.550	27.980	28.230	24.900	25.030	26.530
Maíz	103.817	87.270	109.600	119.320	134.280	123.560	134.140
Poroto	67.559	28.190	25.870	26.500	23.540	25.650	23.760
Papa	64.335	61.360	56.000	59.560	55.620	63.200	63.910
Maravilla	9.887	1.530	1.860	2.200	1.780	2.660	2.680
Raps	25.462	750	5.350	6.060	12.130	13.520	16.650
Remolacha	46.713	47.430	27.140	29.430	31.410	27.670	22.750
Lupino	12.257	14.540	15.720	19.150	25.300	28.490	22.500
Tabaco	3.494	2.270	2.700	2.970	3.090	2.770	3.000
Total cultivos <sup>(1)</sup>	963.826	814.406	816.624	851.104	834.270	754.580	727.210
Frutales	199.744	212.438	215.443	217.742	221.915	212.438	215.443
Vides <sup>(2)</sup>	113.952	116.771	118.360	119.950	121.939		
Hortalizas y flores	123.095	125.604	118.000	120.000			

(1) Incluye otros cultivos menores

(2) Incluye vides para vino y para pisco.

**Cuadro 4.** Rendimiento (ton/ha) de los principales cultivos anuales en Chile.

	1980-2000	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06
Trigo	3,0	4,3	4,3	4,6	4,4	4,5
Avena	2,5	4,5	4,7	4,4	4,7	4,8
Cebada	3,1	4,4	4,4	4,8	4,8	4,7
Centeno	2,2	2,8	2,7	2,7	0,0	0,0
Arroz	4,1	5,1	5,0	4,8	4,7	5,7
Maíz	7,5	10,6	10,9	11,1	11,2	11,2
Poroto	1,2	1,6	1,9	1,8	1,9	2,0
Papa	14,2	21,2	19,5	19,2	20,1	22,0
Maravilla	1,8	1,8	1,4	1,5	1,6	2,0
Raps	1,9	2,7	3,6	3,6	3,4	3,5
Remolacha	57,8	67,3	72,0	77,4	82,7	79,5
Lupino	1,9	2,1	2,8	2,7	2,5	2,5
Tabaco	3,1	3,1	2,9	3,1	3,2	3,0

Fuente: INE

### **Malezas**

En todos los cultivos hortalizas y frutales, existe bastante información que indica que la presencia de las malezas es uno de los factores fitosanitarios importantes en su rendimiento.

Una revisión de las malezas en Chile, realizada por Matthei (1995), señala que los primeros catastros datan de 1854, donde trabajos de Claudio Gay indican la presencia de 262 especies de malezas, siendo en su mayoría originarias de América (48,8 %) y de Eurasia (46,2 %). Posteriormente, el mismo autor cita a Philippi y Reiche para los años 1874 y 1914, con un aumento de 100 nuevas especies de malezas, mientras que entre 1973 y 1991, se introducen otras 100 especies, entre las cuales se encuentra dos consideradas muy serias y 10 especies como malezas principales.

En la actualidad, Matthei (1995), indica que en Chile existen 592 taxa reconocidas como malezas, aunque Ormeño (2005) indica que las especies más nocivas son alrededor de 100, mientras que para los huertos frutales son alrededor de 45 especies. No existe relación entre la superficie de cada región y el número de especies de maleza; sin embargo hay una estrecha relación entre la superficie cultivada de cada región y las malezas. Así las dos regiones más pobladas, Metropolitana y del Bío Bío, son precisamente las con mayor presencia de malezas. Además, la distribución de malezas parece seguir una relación más directa con la actividad agrícola ya que si se consideran los dos cultivos que tradicionalmente tuvieron una mayor superficie en el país, cereales de grano pequeño (arroz, trigo, avena, cebada, centeno) y empastadas, es posible distinguir que las zonas con mayor superficie dedicada a estos rubros, son los que tienen mayor número de especies de malezas. A esto se agrega la cercanía a los principales puertos del país, lo que permite deducir que el principal diseminador de las malezas en el país ha sido el hombre.

Respecto al origen de las malezas, Matthei (1995) indica que la mayoría provienen de Eurasia y luego de América (Cuadro 5). La causa puede ser el desarrollo de la ganadería y cultivos basado en un intercambio con el continente europeo. Esta característica, mayor importancia de especies euroasiáticas, aumenta desde el paralelo 30 LS, donde alcanzan el 50% de las especies introducidas, y a medida que avanza al sur, este porcentaje aumenta hasta llegar a casi un 75%, en la Patagonia.

### Cuadro 5. Origen de las malezas en Chile.

Origen	Nº de especies
Eurasia	351
América	199
África	17
Pantropical	12
Cosmopolita	9
Australia y Nueva Zelanda	4

Matthei, 1995

Del total de 68 familias de malezas presentes en Chile, en su mayor parte dicotiledóneas, hay una concentración de especies de casi el 76% entre las 14 más numerosas. Asteraceae y Poaceae son las familias más numerosas con 112 especies cada una, seguida de la familia Fabaceae con sólo 48 especies; en tanto hay 54 familias que tienen entre una y nueve especies.

La dificultad de valorizar las pérdidas ocasionadas por las malezas en cada situación silvo-agropecuaria, ha impedido que en Chile existan estudios económicos y/o estadísticos y sólo existen aproximaciones que han realizado diferentes investigadores y bajo diferentes circunstancias (Cuadro 7). La mayoría de estos trabajos, hace una aproximación de las pérdidas ocasionadas por poblaciones naturales de malezas, en condiciones de alta producción de los cultivos; es decir, cuando el cultivo se ha manejado para que expresen su potencial productivo por lo que se han manejado bajo condiciones óptimas para buscar alto rendimiento.

Exceptuando la producción orgánica, que en Chile tiene 7.689 ha, el principal sistema de control de malezas es mediante herbicidas, cuya participación en el mercado ha sido creciente, con la excepción de los años 2001 y 2002. En la actualidad, los herbicidas representan alrededor de US\$ 45 millones anuales.

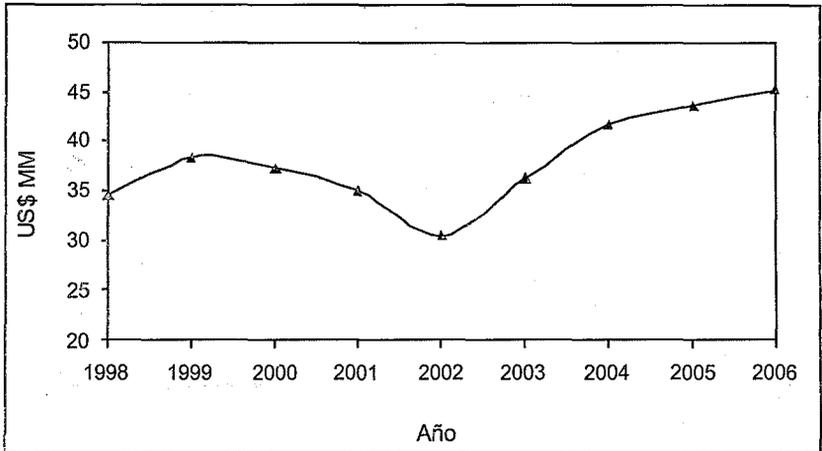
**Cuadro 6.** Número de especies de maleza por familia botánica presente en Chile.

Familias	Nº de especies
Asteraceae	112
Poaceae	112
Fabaceae	48
Brassicaceae	32
Scrophulariaceae	19
Caryophyllaceae	18
Apiaceae	17
Chenopodiaceae	17
Solanaceae	15
Polygonaceae	14
Euphorbiaceae	13
Lamiaceae	13
Cyperaceae	11
Malvaceae	10
54 familias	9 ó menos

Adaptado de Matthei, 1995

**Cuadro 7.** Pérdida estimada de rendimiento en cultivos seleccionados como efecto de no controlar malezas.

Cultivo	Pérdida de rendimiento (%)	Citas
Trigo	33-78	Espinoza, 2003; Pedreros, 2004
Arroz	26-67	Ormeño, 1992; Pedreros, 2007
Poroto	45-86	Ormeño, 1980; Pedreros 1994
Tomate	20-89	CORFO, 1983
Zanahoria	-100	CORFO, 1983
Viñas	54-76	Lavín y Kogan,
Alfalfa	28-42	Pedreros, 2000
Arándano	30-65	Pedreros, 2006, 2007
Avena	0-25	Espinoza, 2006
Lenteja	33-42	Pedreros y Ormeño, 1989
Frambuesa	0-32	Pedreros, 1993, 2005



A pesar que en varios cultivos de chacarería, como poroto y maíz, existen alternativas de control mecánico, dado el tiempo que esto requiere y el costo de oportunidades de realizarlo, ha habido una intensificación del uso de herbicidas en todo tipo de cultivos anuales. Aunque es difícil dar con certeza la superficie de cada cultivo que es tratada con herbicidas, ya que muchos de ellos pueden tener diferentes destinos y situaciones, por ser de herbicidas específicos, algunos cultivos tienen un 100% de su superficie tratada con herbicidas para controlar malezas. Entre estos se destaca la remolacha y la achicoria, cultivo este último de reciente introducción. Por otra parte, si se considera los volúmenes de importación de herbicidas destinados a condiciones específicas, hay otros cultivos que utilizan herbicidas en más de un 80% de la superficie, como el caso del arroz, maíz, trigo.

Si se considera el total de herbicidas registrados en el Servicio Agrícola y Ganadero, el cultivo con más ingredientes activos es el trigo con 32 en total, que representan 52 productos comerciales, seguido de los frutales mayores con 25 ingredientes activos y 52 productos comerciales. Achicoria, cultivo introducido de manera comercial el año 2006, tiene 4 productos, aunque está en etapa de registrar más.

**Cuadro 8.** Número de herbicidas registrados por cultivo en Chile. 2007.

Cultivo	Ingredientes activos	Productos comerciales
Achicoria	4	4
Alfalfa	10	13
Arroz	12	19
Avena	6	6
Cebada	10	16
Trigo	32	52
Leguminosas de grano	11	29
Maíz	19	32
Papa	5	11
Raps	10	10
Remolacha	12	20
Vides	13	26
Forestales	23	38
Frutales mayores	25	52
Frutales menores	14	25
Hortalizas	18	30
Total	118	226

Fuente: Servicio Agrícola y Ganadero

Los herbicidas son los plaguicidas con mayor valor importado, representando alrededor del 32-33% del valor total, seguido por los insecticidas y fungicidas con un 25% y 23% de promedio respectivamente. Sin embargo, si se considera el volumen, en toneladas métricas (TM) de plaguicidas importados, los insecticidas representan el mayor valor con un promedio de alrededor del 45%, seguido de los herbicidas con un promedio del 33% y los fungicidas con un 10% aproximado.

**Cuadro 9.** Distribución porcentual de las importaciones por plaguicida en volumen (Toneladas Métricas) y dólares (US\$).

Plaguicida	2000		2001		2002	
	% US\$	% TM	% US\$	% TM	% US\$	% TM
Acaricidas	2.8	0.6	1.9	0.4	1.4	0.3
Fitohormonas	8.3	5.4	9.5	6.2	8.8	4.8
Fumigantes	1.4	2.4	1.8	3.4	1.5	2.4
Fungicidas	23.6	10.3	22.8	9.8	25.1	11.3
Herbicidas	36.4	33.0	36.7	34.0	31.5	32.1
Insecticidas	25.3	46.3	25.2	44.1	28.5	46.9
Nematicidas	1.4	1.1	1.4	1.4	1.8	1.0
Surfactantes	0.8	0.9	0.7	0.7	1.4	1.2

Fuente: Servicio Nacional de Aduanas.

Aunque existen casi 70 empresas registradas como importadoras de productos químicos para la agricultura, por lo general las que importan herbicidas son alrededor de 14 a 15, siendo las más importantes las que aparecen en el Cuadro 10. Es posible observar, que las seis principales empresas concentran alrededor del 85% del mercado.

La distribución de los principales productos divididos por grupos indica que los herbicidas sistémicos, donde se incluye glifosato, sulfosato, MCPA, 2,4-D entre otros, ocuparon el 35% y el 40% del total de los herbicidas para los años 2005 y 2006 respectivamente. De estos, el glifosato fue el principal producto ocupando casi el 30% del total de importación en valores CIF, como promedio de los dos años. Este herbicida es ampliamente utilizado en frutales y viñas, en cultivos, ya sea bajo sistemas de labranza reducida como en labranza tradicional y en la producción forestal.

Por otra parte, cultivos como remolacha y maíz, tienen un alto uso de herbicidas. Aunque en algunos casos es difícil separar el cultivo destinado para su uso, es posible aventurar que la remolacha está cubriendo un 100 % de su superficie con herbicidas, mientras que el caso de maíz se puede aventurar, de

**Cuadro 10.** Distribución porcentual por empresas de la importación de herbicidas a Chile temporadas 2005 y 2006.

	Porcentaje del mercado	
	2005	2006
A.S.P.	2.4	3.0
ANASAC	12.3	10.9
ARYSTA	17.3	24.6
BASF	7.8	6.2
BAYER	20.1	20.9
DOW	9.5	9.8
DUPONT	12.2	8.6
NUFARM		3.1
SYNGENTA	16.4	10.1
VALENT		0.4
OTRAS		2.4

Fuente: Datos extraídos del Servicio Nacional de Aduanas.

acuerdo a las importaciones de productos exclusivos para maíz, que sobre el 90% del cultivo es manejado con herbicidas. En el caso del trigo, es más difícil un cálculo ya que los productos exclusivos para este cereal estarían cubriendo casi un 50% de las siembras, pero hay muchos herbicidas que se usan tanto en trigo como en otros cultivos, como MCPA, dicamba, 2,4-D, metsulfuron, picloram y otros. En el caso del arroz, la importación promedio de dos temporadas de los principales herbicidas, permiten aseverar que un 65 % de la superficie es tratada para controlar *Echinochloa crusgalli*, mientras que el resto de las malezas son controladas en un 60%.

**Cuadro II.** Importación de los principales herbicidas en US\$ CIF para dos temporadas.

Grupo de herbicidas	2005	2006	Principales herbicidas
Sistémicos	15,6	18,3	Glifosato, sulfosato, MCPA, Picloram, 2,4-D
Remolacha	3,8	4,8	Betanal, Dual Gold, Cloridazon, Metamitron, Kemifan
Maíz	3,9	4,4	Atrazina, AT + S-metolacolor, Acetochlor, Dimethanamid, Foramsulfuronotros
Trigo (ha y g <sup>(1)</sup> )	3,7	2,5	Iodosulfuron, Mesosulfuron+iodosulfuron, Flucarbazone, otros
Trigo (ha)	0,7	1,0	Metsulfuron, Triasulfuron, Dicamba, otros
Trigo (g)	2,2	2,4	Clodinafop, Diclofop, Tralkoxydim
Graminicias	1,7	1,9	Cletodim, Fluazifop, Haloxifop, Tepraloxidim, otros
Forestal	1,2	1,6	Hexazinona, Triclopyr, otros
Residuales	3,5	4,7	Simazina, Metribuzina, Linuron, Diuron, Pendimetalina, otros

(1) ha: hoja ancha; g: gramíneas

Fuente: Datos del Servicio Nacional de Aduanas.



# **V- Análisis de riesgo de plaguicidas en sistemas agrícolas: caso de su uso en frutales y hortalizas en el centro de Colombia**

*Cilia L. Fuentes*

Profesora Titular, Ph.D. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía-Sede Bogotá, Colombia. E-mail: [clfuentes@unal.edu.co](mailto:clfuentes@unal.edu.co)

## **Resumen**

Deficiencias en la implementación de medidas de manejo integrado de las plagas (MIP), ha traído como consecuencia el uso, muchas veces irracional, de los plaguicidas en los cultivos de frutas, hortalizas y flores en Colombia. La predicción del riesgo ambiental potencial que pueden causar los residuos de plaguicidas en los productos de cosecha de hortalizas y frutas, se considera aquí como un tema de importancia para la región por sus implicaciones ambientales y de bioseguridad. En este trabajo, inicialmente, se presenta un marco teórico basado en el análisis de riesgo del uso de plaguicidas, propuesto por varios autores. Posteriormente, se presentan los resultados de estudios realizados en la zona centro de Colombia, enfocados principalmente a la determinación del riesgo de residuos de plaguicidas en los productos de cosecha de hortalizas, frutas y flores, mediante el cálculo de Índices de Riesgo de Residuos (IRR) e Índices de Riesgo Toxicológico (IRT).

*Palabras claves:* Plaguicidas, Riesgo, Exposición, Peligro, Concentración Ambiental Esperada, Concentración Esperada, Índices de Riesgo de Residuos, Índices de Riesgo Toxicológico.

## **Introducción**

¿Por qué evaluar los impactos y riesgos que causan o pueden causar los plaguicidas?

La cantidad de plaguicidas usada a escala mundial tiene un registro alto, según la EPA, se usaron 535 l millones de libras en el

año 2000. A pesar del hecho que nuevos plaguicidas se usan en bajas dosis, el uso actual se más del doble de la cantidades empleada hace cuatro décadas. Es innegable que algunos de los impactos de los plaguicidas han sido positivos, como son entre otras el aumento de la producción de los cultivos y el control de plagas que de otra manera no hubieran podido ser manejadas. Pero también se conoce también se conocen de sus efectos negativos sobre la salud humana y la vida silvestre. La tarea de identificar los riesgos tanto en las poblaciones humanas como en los diferentes compartimentos o componentes del ambiente, es una tarea multifactorial, compleja y que puede ser abrumadora. El desarrollo y aplicación de indicadores de riesgo comparativos son un paso funcional y útil hacia la identificación, categorización, valoración y reducción del riesgo por el uso de plaguicidas. Los compuestos químicos tóxicos peligrosos son tal fuente de riesgo, y los plaguicidas están entre las sustancias químicos de más gran preocupación y ubicuidad: De acuerdo con información de la EPA, la mitad de las sustancias químicas (en número de alrededor 640 compuestos) rastreada en los estados Unidos por "Toxics Release Inventory", fueron ingredientes activos de pesticidas (EPA, 1996). Sin embargo, los riesgos inherentes al uso de plaguicidas no pueden ser evaluados adecuadamente, simplemente cuantificando la cantidad de plaguicidas usados, o registrando el número y frecuencia de las aplicaciones, porque cada compuesto es diferente, y su destino en el ambiente, transporte y efectos sobre los organismos no objetivo, son diferentes.

En esta controversia sobre el uso de los plaguicidas en la agricultura, surgen en primer lugar, el interrogante sobre la salud humana, dado el riesgo que puede representar un alimento contaminado con residuos de plaguicidas. Los plaguicidas también son cuestionados por el riesgo para la salud humana que surge del manipuleo, aplicación en el campo y manejo final de los envases;

cada uno de estos riesgos justifica estudios para valorar su verdadero impacto en la salud humana. En cuanto a los residuos en alimentos, estos se pueden determinar mediante métodos analíticos, pero también se pueden realizar estimaciones mediante el cálculo de índices teóricos, que permitirían evidenciar en determinado momento, los compuestos con posibilidades de estar presentes como residuos en cantidades no tolerables, en los productos de cosecha como hortalizas y frutas. Particularmente, estas estimaciones resultan de gran importancia, ya que muchas frutas y hortalizas se consumen en fresco, sin procesar.

## **I. Introducción al Análisis de Riesgo de Plaguicidas**

Este capítulo está basado en Leeuwen y Hermens (1995). Particularmente, en los últimos 10 a 20 años se ha tenido a nivel mundial, considerable actividad y creación de conocimiento acerca del análisis de riesgo de compuestos químicos, y en particular de los plaguicidas de uso agrícola. El análisis de riesgo de los plaguicidas y de otras sustancias químicas ha tenido más atención en el campo relacionado con la salud humana. Sin embargo, gradualmente ha aumentado la conciencia acerca de las implicaciones ecológicas a gran escala, de la contaminación ambiental.

El concepto de “Análisis de Riesgo” puede tener diferentes significados, y se ha prestado para controversias e incorrectas interpretaciones. Algunos aspectos de la controversia se deben a la interpretación de los resultados de los estudios científicos, y otros, a las políticas.

### **Definición de términos:**

*Peligro, peligroso:* Capacidad inherente de un compuesto o mezcla de compuestos químicos que causan efectos adversos al hombre o al ambiente, bajo condiciones de exposición.

*Riesgo:* Probabilidad de ocurrencia de efecto adverso al hombre o al ambiente, como resultado de exposición a un compuesto químico o a una mezcla de compuestos.

*Identificación de Peligro:* Es la identificación de los efectos inherentes que tiene una sustancia para causar daño, o en ciertos casos, la valoración de un efecto particular.

*Valoración del efecto:* más precisamente, se refiere a determinación de la dosis de respuesta. Es la estimación de la relación entre dosis o nivel de exposición a una sustancia, y la incidencia o severidad de un efecto.

*Valoración de la exposición:* Es la determinación de las emisiones, rutas y tasas de movimiento de una sustancia y de su transformación o degradación, con el fin de estimar las concentraciones a las cuales las poblaciones humanas están o pueden estar expuestos.

*Caracterización el riesgo:* Estimación de la incidencia y severidad de los efectos adversos que probablemente puedan ocurrir en una población humana o en un compartimiento del ambiente debido a una actual o futura exposición a una sustancia; puede incluir “la estimación del riesgo”; esto es, la cuantificación de esa probabilidad.

*Manejo del riesgo:* Es el proceso de toma de decisiones que vinculan consideraciones de información política, social, económica y de ingeniería, con información relativa al riesgo para desarrollar, analizar y comparar opciones regulatorias, y seleccionar la respuesta regulatoria apropiada de un peligro potencial en salud o ambiental.

*Reducción del riesgo:* Son las medidas para proteger al hombre o al ambiente, de los riesgos ya identificados.

*Seguridad*: Se define como la alta probabilidad que no ocurran efectos adversos a partir del uso de una sustancia bajo condiciones específicas, dependiendo de la cantidad de compuesto y/o de la manera de usarlo.

## **Proceso para el manejo del riesgo**

*Valoración del Riesgo y Manejo del Riesgo*, son dos conceptos relacionados pero significan diferentes procesos, y que deben diferenciarse claramente. Los asesores de *Valoración del Riesgo*, preguntan: **¿Qué tan riesgosa es una situación?** Por su parte, los asesores de *Manejo del Riesgo* preguntan: **¿Qué estamos dispuestos a aceptar?** y **¿Qué debemos hacer al respecto?** Es como si la *Valoración del Riesgo* fuera el YING o la parte objetiva del proceso, que cuantifica, y el *Manejo del Riesgo* fuera el YANG o la parte subjetiva del proceso.

La *Valoración del Riesgo* proporciona información basada en el análisis científico de los datos para describir la forma, magnitud y características del riesgo; esto es, la probabilidad de causar daño a los humanos o al ambiente. Pero se formulan dos preguntas muy importantes: **¿Qué es exactamente lo que se quiere proteger?** y **¿Qué tanto debe ser protegido?** Cuando terminar el proceso, efectos inaceptables, y la magnitud de factores inciertos, son tópicos controversiales. Algunas preguntas acerca del riesgo, no tienen respuestas científicas.

El *Manejo del Riesgo*, hace referencia a medidas regulatorias basadas en la valoración del riesgo y en consideraciones de naturaleza legal, política, social, económica y de ingeniería. Es principalmente un proceso político, aunque los aspectos científicos están involucrados en la consecución de la información técnica, social y económica.

El proceso completo de *Valoración y Manejo del Riesgo* consiste de ocho etapas, de las cuales las etapas 1 a 4 se refieren a la

fase de *Valoración del Riesgo*, y las etapas 5 a 8, a *Manejo del Riesgo* (Figura 1).

### **Etapas 1: Identificación del Riesgo.**

Es la identificación de los efectos adversos que una sustancia tiene capacidad de causar. Involucra la recopilación y valoración de la información sobre los tipos de efectos en la salud o en el ambiente que pueda causar un compuesto químico y las condiciones de exposición bajo las cuales se produciría daño, heridas, enfermedades o cualquier otro efecto adverso. Es la probabilidad de causar daño debido a la exposición, lo que diferencia el *Riesgo* y el *Peligro*. Por ejemplo, un compuesto químico que es peligroso para la salud humana, no constituye un riesgo a menos que los humanos se expongan a él. La principal pregunta es si la información de poblaciones de las cuales los efectos tóxicos y la exposición ocurren, sugieren efectos adversos potenciales para otras poblaciones en condiciones similares.

### **Etapas 2: Valoración de los efectos.**

La valoración de los efectos es más precisamente, la determinación de la dosis de respuesta.; esto es, de las relaciones entre la dosis y el grado de exposición a una sustancia y de la incidencia y la severidad de los efectos. Se refiere además, a la descripción de las relaciones cuantitativas entre el grado de exposición a una sustancia y el alcance de un efecto tóxico. Esta información es obtenida de estudios experimentales con animales y plantas, y de estudios de ecosistemas y poblaciones humanas. Diferentes curvas de dosis de respuesta deben efectuarse, porque una sustancia puede producir diferentes efectos tóxicos.

### **Etapas 3: Valoración de la exposición**

La exposición puede ser evaluada mediante medición de la concentración de las exposiciones. Los resultados de la valoración

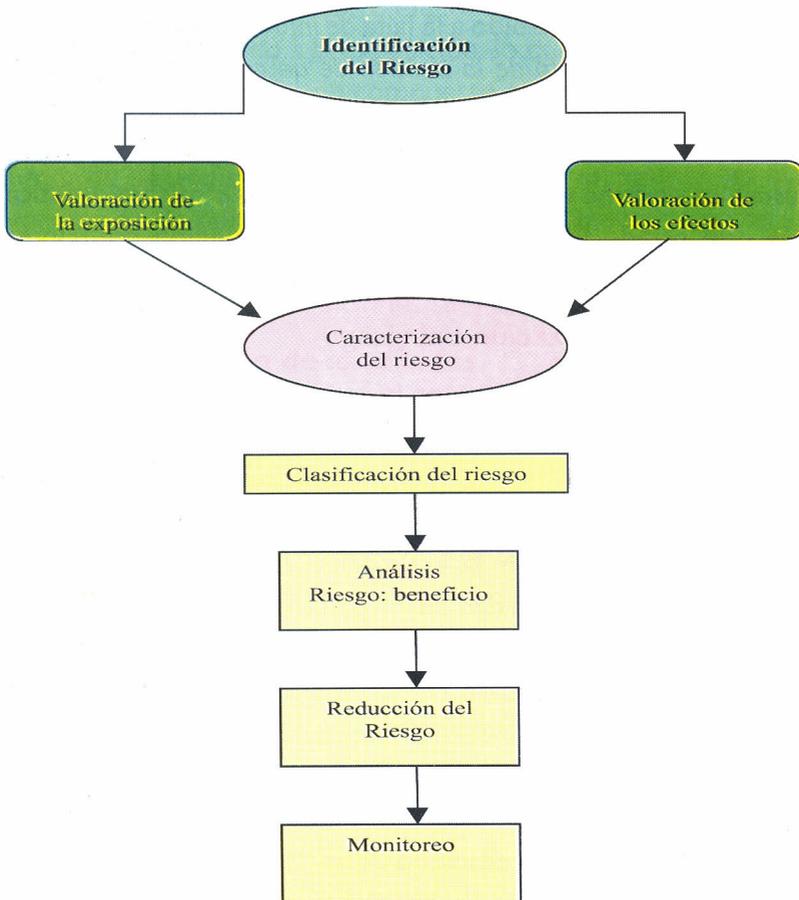
son estimaciones o predicciones, que involucran la determinación de las emisiones, las rutas y tasas de movimiento de una sustancia y de su transformación o degradación, con el fin obtener valores de concentraciones o dosis del compuesto a los cuales pueden estar expuestas poblaciones humanas o los diferentes compartimentos del ambiente. También se estima la magnitud y duración de la exposición. La valoración de la exposición puede estimarse para exposiciones pasadas, presentes, o anticipar futuras exposiciones. Además, esta es la etapa más incierta en el proceso de análisis de riesgo, debido a la falta de *información de los factores de emisión al momento de la emisión de un compuesto (fuente de origen de la emisión)*, y del uso del mismo en diferentes compartimentos o productos y sus respectivas emisiones (*fuentes de emisión difusas*). La enorme variabilidad de condiciones bióticas y abióticas a las que puede llegar un compuesto plaguicida contribuye grandemente a la incertidumbre de las estimaciones.

#### **Etapas 4: Caracterización del riesgo**

La caracterización del riesgo es la estimación de la incidencia y severidad de que ocurran efectos adversos en una población humana o en los diferentes compartimentos del ambiente, debidos a una exposición actual o futura a un compuesto químico. Esta estimación puede incluir la estimación del riesgo; esto es, la estimación de la probabilidad de los efectos adversos. En general, involucra la integración de las tres etapas anteriores. Debe establecerse un marco para definir la significancia del riesgo, y todas las presunciones, incertidumbres y juicios científicos provenientes de las tres etapas anteriores, deben considerarse. En muchas referencias regulatorias internacionales la caracterización del riesgo por el uso de sustancias químicas, frecuentemente se expresa como índices o cocientes de riesgo; esto es:

Concentración ambiental estimada (CAE) / Concentración ambiental estimada sin efectos (CAESE)

Debe tenerse en cuenta que estos cocientes no son medidas absolutas del riesgo. Nadie conoce el riesgo real que un compuesto químico pueda causar cuando la CAE supera la CAESE. Solo se puede conocer que la probabilidad de efectos adversos se aumenta cuando aumenta el cociente CAE/CAESE. Por lo tanto, la estimación precisa del riesgo no existe.



**Figura 1.** Etapas del proceso de *Valoración y Manejo del Riesgo* (Adaptado de van Leeuwen y Hermens, 1995).

Hasta este nivel de conocimiento, no se puede predecir adecuadamente efectos adversos de un compuesto en los ecosistemas, ni tampoco, que porción de una población humana pueda ser afectada. Solamente se puede evaluar el riesgo de una manera muy general y simplificada. De hecho, lo mejor que se puede hacer es una categorización relativa del riesgo. La categorización del riesgo permite comparar compuestos químicos individuales o grupos de compuestos, una vez los riesgos individuales han sido estimados. Sin embargo, la categorización relativa del riesgo permite remplazar compuestos dañinos por otras opciones más seguras en la fase de manejo del riesgo, sin conocer el riesgo preciso.

### **Etapa 5: Clasificación del Riesgo**

Una vez se ha completado la caracterización del riesgo, la dirección del análisis se dirige hacia el manejo del riesgo. El primer paso en la fase de manejo del riesgo, es su clasificación; esto es, la valoración del riesgo con el fin de decidir si se requiere reducción del riesgo. Evidentemente, la valoración del riesgo no puede efectuarse considerando solamente aspectos científicos, pero, ¿quien decide que es aceptable? Las decisiones respecto a categorizar el riesgo están relacionadas con la aceptación del riesgo. Pero definir el límite de aceptación o no aceptación de un cierto riesgo, no es un ejercicio mecánico; es por lo contrario, un ejercicio complejo, que puede variar en el tiempo y el espacio. Así, lo que se aceptó en el pasado, puede no ser aceptado en el futuro, o lo que se acepta en un país o región, no es aceptable en otro (Cuadro 1). Adicionalmente, los aspectos culturales influyen grandemente la aceptabilidad de un riesgo. La definición de dos niveles de riesgo ha ayudado a evitar las interminables discusiones acerca de la aceptabilidad de un riesgo. Estos niveles de riesgo son:

- El límite superior, o nivel máximo permisible (NMP)
- El límite inferior, o nivel intrascendente (NI)

Estos dos límites de riesgo crean tres zonas: (1) una zona roja, de alto riesgo, (2) una zona amarilla, de riesgo medio, y (3) una zona verde, de bajo riesgo. Un riesgo ubicado en la zona roja, por encima del NMP es inaceptable. Mientras que un riesgo ubicado en la zona verde, por debajo del NI, es de poca importancia. En Holanda, el límite inferior para compuestos químicos se ha establecido en el 1% del límite superior. La zona amarilla, comprendida entre los límites NMP y NI, se requiere reducción del riesgo basada en el principio TBRP (“tan bajo como sea razonablemente posible”), o ALARA, por sus siglas en inglés (“as low as reasonable achievable”). En general, el objetivo es reducir el riesgo hasta que los costos para reducir ese riesgo, sean desproporcionados a los beneficios.

### **Etapa 6: Análisis de Riesgo-Beneficio**

Una vez se ha categorizado el riesgo y determinado que es necesario tomar medidas para reducirlo, la siguiente consideración es la selección de opciones de medidas regulatorias para reducir el riesgo. Con este fin, se realiza un análisis de riesgo-beneficio *sensu lato*, poniendo en la “balanza” los riesgos y beneficios de una determinada acción propuesta para reducir el riesgo.

**Cuado I.** Cambios en la percepción entre dos décadas, del riesgo causado por compuestos químicos en la salud humana y en el ambiente (Fuente: Leeuwen y Hermens, 1995).

1970	1990
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sectorial (agua, aire o sedimentos)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Multisectorial (aguas superficiales, subterráneas, suelo, sedimentos, aire)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación localizada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación difusa</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salud y bienestar humano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salud del ecosistema, funciones de producción y bienes</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Local/Regional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nacional/Internacional</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daño Económico Limitado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gran daño económico</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soluciones puntuales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soluciones con enfoques integrados</li> </ul>

En la selección de opciones regulatorias para la reducción del riesgo muchos aspectos están involucrados, y esta es la etapa más difícil en el proceso de manejo del riesgo, debido a que es una etapa multifactorial, en la cual el evaluador debe no solamente evaluar o estimar el riesgo, sino también considerar otros importantes aspectos, como:

- Factibilidad Técnica: ¿son las medidas técnicamente factibles?
- Factores económicos: ¿cuales son los costos?
- Factores socio-culturales: por ejemplo, ¿las medidas afectan el empleo?, o en caso de riesgos extremos, ¿se requiere reubicar las personas en otro sitio?
- Factores legislativos/políticos: limitaciones legales, regulatorias o políticas; esto es, ¿se tienen las herramientas apropiadas de regulación, monitoreo y aplicación?
- Investigación: la ciencia tiene sus límites; que tan grande es la incertidumbre en las metodologías, las mediciones y en otras observaciones, y que supuestos deben hacerse?

El uso de análisis de riesgo-beneficio, donde la reducción del riesgo mediante una acción propuesta se traduce en beneficios (ejemplo, vidas salvadas o mayor duración de la vida) bajo una base monetaria, puede ser esencial en el manejo del riesgo. Es necesario asignar un valor al riesgo que se evita. En general, la filosofía es: *a mayor riesgo, mayor incentivo para reducirlo*. Los riesgos ambientales son mucho más difíciles de cuantificar.

### **Etapas 7: Reducción del riesgo**

Se toman medidas de reducción del riesgo para proteger la población humana y el ambiente, de los riesgos identificados. Aparte de los factores explicados antes, otros factores adicionales deben tomarse en cuenta, antes que sean tomadas decisiones con relación al manejo del riesgo. Estos incluyen eficiencia, equidad, simplicidad administrativa, consistencia, aceptación por el público y normatividad legislativa. Se usan normalmente tres aproximaciones para manejo del riesgo:

(1) *Categorización y etiquetado*: Esta herramienta es la primera que debe considerarse en el manejo del riesgo de sustancias químicas. La categorización o clasificación y el etiquetado de las sustancias químicas con base en sus propiedades químicas y en otros criterios. La clasificación y el etiquetado incluyen la asignación de símbolos.

(2) *Principio TBRP*: El principio *TBRP* se explicó antes. Representa la responsabilidad de reducir el nivel de riesgo hasta un nivel tan bajo como sea razonablemente posible por el operador, el fabricante y el usuario.

(3) *Estándares de seguridad*: El uso de estándares de seguridad o calidad es otra aproximación para el control de compuestos químicos. Estos estándares se han determinado con la intención de proteger la salud humana y el ambiente. Los términos *criterio*,

guías, objetivos y estándares, son usados frecuentemente. El uso e interpretación de estos términos varía entre las diferentes agencias y países.

## **Etapa 8: Monitoreo**

Es la última etapa en el proceso de manejo del riesgo. Monitoreo es el proceso de toma de observaciones repetitivas con propósitos definidos y de acuerdo con una programación pre-establecida en el tiempo y el espacio, y usando métodos comparable y preferiblemente optimizados o estandarizados. Se hace un monitoreo para asegurar que los estándares antes formulados, se cumplen. El monitoreo sirve como un control de por ejemplo, la efectividad del control de riesgo, de alarma, de tendencias, etc.

## **II. Estimación y Caracterización de los Riesgos**

El presente capítulo esta basado principalmente en Tarazona (2007). Como se mencionó en el capítulo anterior, la caracterización del riesgo por un plaguicida consiste en la comparación de los niveles de exposición y de los efectos estimados para el contaminante. El objetivo es identificar la probabilidad de que los plaguicidas produzcan efectos adversos y la magnitud de los mismos.

Existen muchas posibilidades y metodologías de caracterización de riesgos. Resulta habitual realizar las evaluaciones de forma escalonada, de manera que en una primera etapa se realiza una caracterización preliminar, o de bajo nivel, con el fin si se puede descartar o no el que haya riesgos que se consideren inaceptables. Si no se puede descartar, se obtiene más información y se realiza una valoración más completa; de esta forma se va refinando el proceso de caracterización de riesgos hasta que se alcanza una conclusión definitiva.

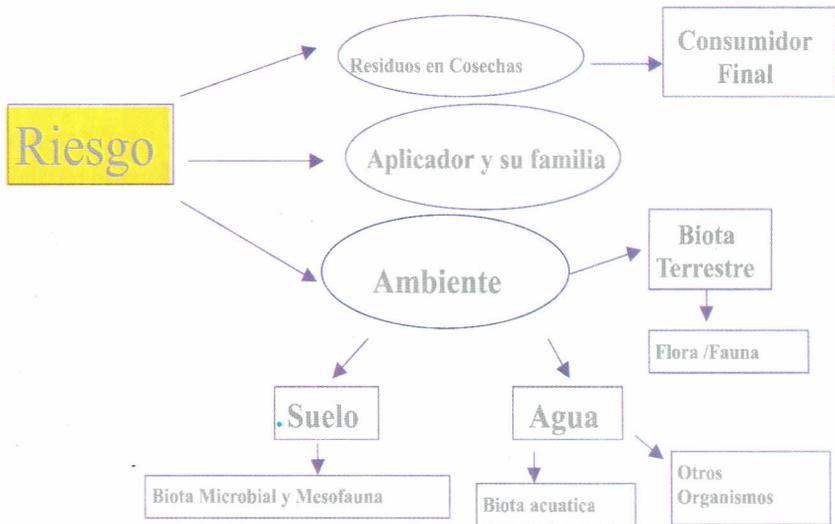
Las caracterizaciones de riesgos de las sustancias químicas estiman el nivel de riesgos mediante la comparación de las

concentraciones ambientales o dosis de exposición de los individuos con las concentraciones o dosis que originan efectos adversos.

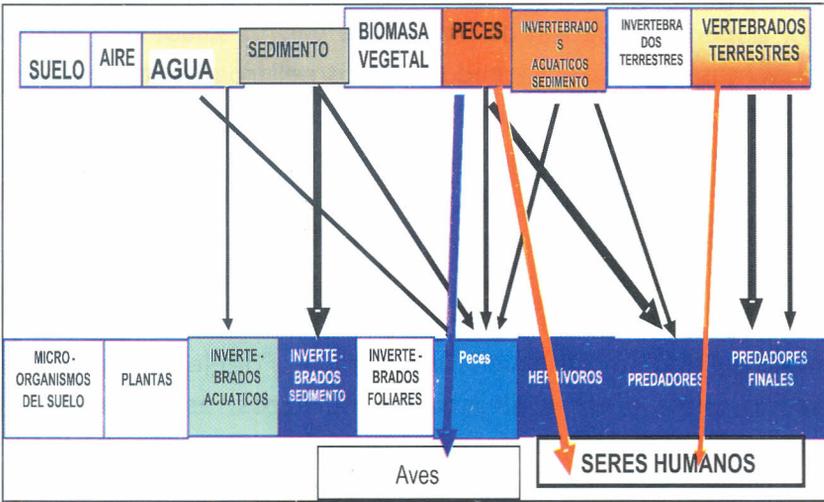
El primer paso de la caracterización de riesgos suele consistir en una estimación cualitativa. Si los niveles de exposición son mucho más bajos que los niveles para los que se esperan efectos, se considera que el riesgo es muy bajo, y que por lo tanto no es necesario proceder a una valoración cuantitativa.

La caracterización de riesgos debe hacerse para cada uno de los receptores (componentes o compartimiento) ambientales (Figuras 2 y 3) o de salud humana (Figura 4) que se consideren relevantes, es decir para cada uno de los peligros identificados en la primera fase de la valoración de efectos. Las evaluaciones cualitativas de bajo nivel también se utilizan para realizar comparaciones sobre los riesgos asociados a cada uno de los peligros identificados y de esta manera centrar la fase de refinamiento en aquellos aspectos que son los que finalmente resultarán esenciales para gestionar los riesgos; así por ejemplo, en las evaluaciones de riesgos ecológicos se podrán identificar cuales son los compartimentos o componentes ambientales sobre los que centrar la valoración, y en el caso de los riesgos para la salud establecer la ruta y subpoblación para la que se espera un mayor riesgo. Por ejemplo, en la valoración de riesgos de un plaguicida en un cuerpo de agua contaminado (Figura 3), es frecuente poder estimar sobre la base de datos preliminares, que los riesgos fundamentales deben medirse para los individuos que consumen grandes cantidades de peces, y por ello centrar la valoración de salud en las familias pescadoras con economías de subsistencia, y la ecológica, en aves y mamíferos sedentarios que se alimentan de peces.

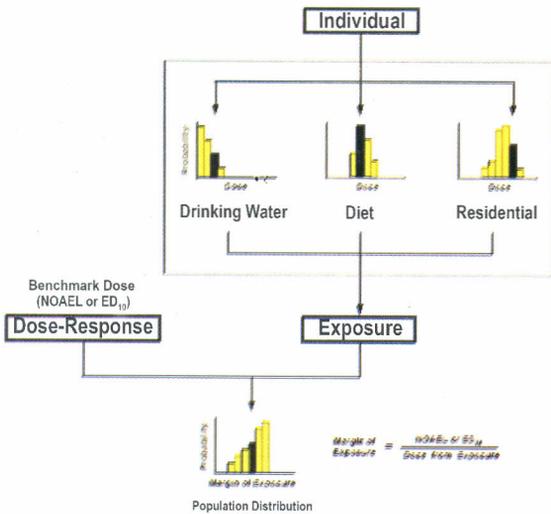
En la valoración de los riesgos para la salud, los efectos relevantes son los relacionados con los peligros identificados en el correspondiente apartado, tales como carcinogenicidad, mutagenicidad, efectos sobre la reproducción o efectos sobre determinados órganos claves. En el caso de los efectos sobre los ecosistemas, no es suficiente con identificar los compartimentos y grupos taxonómicos relevantes, sino que se debe realizar una interpretación de los resultados de la valoración de riesgo en términos del tipo de consecuencias esperadas. Por ejemplo, diferenciando entre efectos directos e indirectos, estructurales y funcionales, y evaluando la capacidad de recuperación del sistema, asignando a cada uno de ellos un valor que represente la probabilidad de que ocurra cada efecto.



**Figura 2.** Ejemplo de un modelo conceptual para caracterizar el riesgo por el uso de plaguicidas en un sistema agrícola.



**Figura 3.** Ejemplo de un modelo conceptual para caracterizar el riesgo por el uso de un plaguicida que ha sido vertido al agua. (Fuente: Tarazona, 2007).



**Figura 4.** Caracterización del riesgo por el uso de plaguicidas en poblaciones humanas, diferente al usuario y su familia (Fuente: CropLife América, 2002).

Como se ha mencionado, uno de los aspectos fundamentales para poder realizar la caracterización de riesgos es que los niveles de exposición y los niveles de efecto se presenten en el mismo formato y con las mismas unidades. Básicamente se pueden distinguir tres posibilidades:

(1) *Concentración*: La exposición se calcula en términos de concentración en el compartimento a través del cual se produce la exposición (agua, sedimento suelo, aire, alimento). Los ensayos ecotoxicológicos se expresan también como concentraciones en el medio utilizado en el ensayo.

(2) *Dosis externa*: Se calcula la cantidad de sustancia recibida realmente por el organismo, y se compara con ensayos en los que se conoce la cantidad administrada.

(3) *Dosis interna*: Se comparan las concentraciones en órganos y tejidos medidas en el medio (o estimadas mediante modelos cinéticos) con las medidas en los ensayos de laboratorio.

Uno de los aspectos fundamentales de la caracterización de riesgos es incluir no sólo el resultado o propuesta de caracterización, sino también el nivel de incertidumbre de la valoración. En general, se puede describir tres tipos fundamentales de incertidumbre, la asociada a los datos seleccionados, la relacionada con las metodologías, escenarios y modelos empleados, y la que deriva de las limitaciones a la hora de extrapolar los efectos reales sobre los ecosistemas. En Tarazona (1997) se describen estos diferentes tipos de incertidumbre. Además, se debe considerar incertidumbres adicionales basadas tanto en la calidad y cantidad de la información utilizada, como en las metodologías y modelos utilizados para la extrapolación.

En este sentido, la valoración de plaguicidas precisa realizar evaluaciones a largo plazo y a nivel global, que además incluyan estimaciones de fenómenos abióticos y bióticos complejos y con

gran variabilidad, tales como el transporte atmosférico, la bioacumulación o la biomagnificación. Uno de los aspectos fundamentales para la valoración de plaguicidas es la necesidad de identificar adecuadamente los posibles peligros de la sustancia cuando los seres vivos se ven expuestos a concentraciones bajas, pero de forma continuada a lo largo de toda su vida.

Otros métodos para identificar y caracterizar el riesgo del uso de plaguicidas, incluyen la elaboración de matrices y listas de chequeo, entre otros. Los Cuadros 2 y 3 presentan ejemplos en este sentido. En los dos ejemplos, se propone identificar los riesgos potenciales en cada una de las actividades que conlleva el uso de plaguicidas en sistemas de cultivos, desde la compra de los plaguicidas hasta la disposición final de los envases. La matriz se completa en una primera etapa, identificando los posibles riesgos, y en una segunda etapa, valorando cuantitativamente los riesgos identificados; esto es, dando una calificación cuantitativa con base en escalas que generalmente son diseñadas de acuerdo con los criterios propuestos por los evaluadores y considerando obviamente, la literatura internacional. La lista de chequeo tal como se propone tiene entre otras aplicaciones, además de identificar riesgos potenciales, la de servir de guía de valoración por parte de certificadores, por ejemplo, de sellos verdes. En la literatura existen muchos modelos y propuestas para elaborar matrices de riesgo y listas de chequeo.

Levitan (2000) propone una tipología para distinguir entre tres diferentes tipos y aplicaciones como herramientas para evaluar el riesgo de pesticidas:

(1) Sistemas de soporte para las decisiones relacionadas con el manejo de plagas, tomadas por los agricultores y administradores, que permitirá evaluar los impactos de sus decisiones.

(2) Sistemas de 'Etiquetado ecológico' con el fin de influenciar la opinión de los consumidores y el mercado

(3) Indicadores de Impacto y riesgo (índices) determinados con base en la investigación. Estas son herramientas de valoración y de establecimiento de políticas usadas por los gobiernos, la industria, grupos de consumidores y la academia.

Estas tres propuestas son diferentes por sus objetivos, tipos de decisiones, factores o variables consideradas, escenarios de las actividades, escala y unidad de los análisis, manejo de la dimensión económica, formato de presentación los resultados y métodos usados para la valoración.

Los índices de riesgo se han desarrollado como una poderosa herramienta para medir los impactos negativos de los plaguicidas en el ambiente y en la salud humana. Su objetivo ha sido facilitar y monitorear, entre otros, el cambio a productos y prácticas más benignas para el control de plagas, y así reducir los riesgos a la salud pública y al ambiente. La intención en este caso, es sopesar el riesgo causado por plaguicidas menos eficaces usados a dosis altas, a plaguicidas más eficaces usados a bajas dosis.

"Indicadores de riesgo" de los plaguicidas ha sido el término ampliamente usado para valorar los impactos y riesgos causados por los plaguicidas, pero varios otros términos también cubren en algún grado esta misma tarea (Cuadro 4). Una lista de indicadores de riesgo se actualiza periódicamente en el sitio de la Web "Environmental Risk Analysis Program" (<http://www.cfe.cornell.edu/risk/PesticideRiskIndList.html>) (Levitan, 2000).

De acuerdo con Levitan (2000), los resultados generados por indicadores de diferentes sistemas de identificación y valoración de los riesgos del uso de plaguicidas, se espera que no sean idénticos. El Cuadro 5 lista los plaguicidas más riesgosos

valorados según tres diferentes sistemas; solo 2,4-D, trifluralina y dimetoato aparecen en más de una lista. La razón es que los tres sistemas de valoración tienen diferentes enfoques para incorporar indicadores de exposición, y asigna diferente peso a aspectos del ambiente. Ambos, el Cociente de Impacto Medioambiental (CIA o EIQ por sus siglas en inglés) desarrollado por Kovach *et al.* (1992) y el "California Policy Seminar System" desarrollado por Pease *et al.* (1996) se enfocan en el uso agrícola de los plaguicidas; pero el EIQ es un sistema de soporte de toma de decisiones para el agricultor, particularmente sensible a los impactos sobre los insectos benéficos y los trabajadores agrícolas. En el contraste, el sistema de "Valoración de Riesgo Químico para Manejo de Estrategias" (CHEMS-I) desarrollado por Swanson *et al.* (1997) es un sistema de evaluación para todos los químicos, que intenta identificar los compuestos a los que se requiere poner una mayor atención y que necesitan de más evaluaciones.

**Cuadro 2.** Propuesta preliminar de una matriz para identificar y evaluar riesgos potenciales sobre el componente biótico, por el uso de plaguicidas en sistemas de cultivos (Fuentes, 2007, sin publicar).

Actividad	Compra	Transporte	Almacenamiento en Finca	Preparación mezcla	Aplicación en Campo	Lavado Equipos	Lavado Envases	Disposición Envases
<b>Componentes</b>								
<b>Vegetación Terrestre</b>								
Riqueza								
Abundancia								
Crecimiento								
Germinación								
Fitotoxicidad								
<b>Fauna</b>								
<b>Mamíferos</b>								
Aves								
Reptiles								
<b>Gasterópodos</b>								
<b>Arácnidos</b>								
<b>Coleópteros</b>								
<b>Himenópteros</b>								
Otros insectos benéficos								
<b>Anélidos</b>								
Otros Invertebrados								
<b>Suelo (Biota Micobiana)</b>								
Hongos								

**Cuadro 3.** Propuesta preliminar de una lista chequeo para la valoración de riesgos asociados al uso y aplicación de plaguicidas en sistemas de cultivos (Fuentes, 2007, sin publicar).

ACTIVIDAD	LISTA DE CHEQUEO	REQUERIMIENTOS
<b>1. Compra de Plaguicidas</b>	Recomendación técnica de uso del plaguicida	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Debe ser respaldada por un análisis dado por un técnico acreditado.</li> <li>- Debe incluir un programa de manejo integrado de plagas y enfermedades y dosificación recomendada.</li> <li>- Incluir rotación de ingredientes activos.</li> </ul>
	Producto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Debe incluir productos permitidos por la legislación y tratados.</li> <li>- Contar con el registro para el cultivo que se va usar.</li> <li>- Usar la alternativa química de menor categoría toxicológica.</li> <li>- Usar la alternativa química de menor dosis de ingrediente activo</li> <li>- Debe estar debidamente etiquetado.</li> </ul>
	Expendio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Debe cumplir con normas de seguridad.</li> <li>- Alta confiabilidad de los productos</li> <li>- Vendedor capacitado en ventas de plaguicidas</li> <li>- Servicio técnico de calidad posventa</li> <li>- No se reenvasan productos</li> </ul>
<b>2. Transporte</b>	Idoneidad del transportador	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Que conozca el manejo de lo que transporta.</li> <li>- Que esté capacitado en el manejo de transporte de agroquímicos y de emergencias.</li> <li>- Contar con herramientas adecuadas para emergencias</li> <li>- Conduzca con seguridad</li> </ul>

### Cont. Cuadro 3.

ACTIVIDAD	LISTA DE CHEQUEO	REQUERIMIENTOS
	Medio de transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adecuadas condiciones técnico-mecánicas.</li> <li>- Preferiblemente con un compartimiento especial para los agroquímicos recubierto con material no absorbente.</li> <li>- Con permiso legal</li> <li>- Acorde con la cantidad de plaguicida a transportar.</li> </ul>
	Presentación del plaguicida	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El empaque debe ser el más seguro para el transporte, por ejemplo botellas dentro de cajas, canecas herméticas, etc.</li> </ul>
	Registros y documentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se deben llevar hojas de seguridad de productos transportados</li> <li>- Inventario de productos</li> <li>- Rutas de entrega.</li> </ul>
3. Amacenamiento en finca	Diseño externo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ubicación lejana a zonas de actividad humana</li> <li>- Sin riegos de inundación o deslizamiento.</li> <li>- Sitio iluminado</li> <li>- Que permita control de acceso.</li> <li>- Señalizado</li> </ul>

### Cont. Cuadro 3.

ACTIVIDAD	LISTA DE CHEQUEO	REQUERIMIENTOS
	Diseño interno	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buena ventilación Buena iluminación.</li> <li>- Preferiblemente solo agroquímicos</li> <li>- Estanterías en materiales no absorbentes y separadas de las paredes</li> <li>- Con equipos y herramientas para manejo de emergencias</li> <li>- Señalizado internamente</li> <li>- Hojas de seguridad disponibles</li> <li>- Productos separados por tipo y formulación</li> <li>- Con zona de lavado para personal.</li> </ul>
	Bodeguero	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacitado en el manejo de plaguicidas y disposición de envases</li> <li>- Debe controlar el acceso</li> <li>- Con equipo de protección adecuadas y en buen estado</li> <li>- Manejar los inventarios y registros de uso</li> <li>- Sometido periódicamente a exámenes médicos</li> </ul>
<b>4. Proceso de preparación de la mezcla de aspersión y calibración</b>	Operario capacitado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para llevar registros</li> <li>- Comprensión de hojas de seguridad de los productos</li> <li>- Conocimientos de preparación de las mezclas y de compatibilidad de los compuestos</li> <li>- Debe usar el equipo de protección adecuado</li> <li>- Sometido periódicamente a exámenes médicos</li> </ul>
	Área de preparación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Área exclusiva y adecuada</li> <li>- Ducha, lavaojos</li> <li>- Filtros</li> </ul>

### Cont. Cuadro 3.

ACTIVIDAD	LISTA DE CHEQUEO	REQUERIMIENTOS
	Instrumentos de medición	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Protocolos documentados (escritos o afiches indicando el procedimiento)</li> <li>- Elementos adecuados para medir, como baldes, jarras, balanzas, pipetas y probetas</li> <li>- Limpieza de los elementos y materiales de medición</li> </ul>
	Calibración de equipo de aplicación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hoja de datos de calibración</li> <li>- Registros de uso</li> <li>- Verificar estado de boquillas</li> <li>- Verificar estado de bombas</li> <li>- Registros de mantenimiento de los equipos</li> </ul>
	Operario	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Operario calificado</li> <li>- Uso de equipos de protección personal adecuados y en buen estado</li> <li>- Sometido periódicamente a exámenes médicos pertinentes</li> <li>- Conocimiento de variables climáticas para realizar la aplicación</li> </ul>
<b>5. Aplicación en campo</b>	Aplicación en campo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Record de registro de los plaguicidas asperjados, tiempos (hora de inicio y de finalización), superficie tratada, frecuencia, dosis, persona que realiza la actividad, etc.</li> <li>- Usar agua de buena calidad (limpia, de pH y dureza adecuada, etc.)</li> <li>- Cumplir con el período de carencia de los compuestos usados</li> <li>- Registro de condiciones climáticas, para lo cual, se debe contar con los instrumentos de medida de pH, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento)</li> <li>- Considerar áreas buffer (bordes de los lotes sin cultivar ni tratar)</li> </ul>

### Cont. Cuadro 3.

ACTIVIDAD	LISTA DE CHEQUEO	REQUERIMIENTOS
	Gorro	Verificar: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Buen estado del gorro</li> <li>- Aseo del gorro</li> <li>- Especificidad del gorro acorde con productos usados y labor realizada</li> <li>- Capacitación del personal (uso correcto)</li> </ul>
	Gafas	Verificar: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Buen estado de las gafas</li> <li>- Aseo</li> <li>- Especificidad del equipo acorde con productos usados y labor realizada</li> <li>- Capacitación del personal (uso correcto)</li> </ul>
	Caretas	Verificar: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Buen estado del equipo</li> <li>- Aseo</li> <li>- Especificidad del equipo acorde con productos usados y labor realizada</li> <li>- Capacitación del personal (uso correcto)</li> <li>- Cambio de filtros de respiradores</li> </ul>
	Ropa (overol, camisa, pantalón)	Verificar: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Buen estado de la ropa</li> <li>- Aseo (debe ser lavada separadamente de otras prendas y después de cada aplicación)</li> <li>- Especificidad de la ropa acorde con productos usados</li> <li>- Capacitación del personal (uso correcto)</li> </ul>
	Guantes	Verificar: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Buen estado de los guantes</li> <li>- Aseo de los guantes</li> <li>- Especificidad de los guantes acorde con productos usados y labor realizada</li> <li>- Capacitación del personal</li> </ul>

### Cont. Cuadro 3.

ACTIVIDAD	LISTA DE CHEQUEO		REQUERIMIENTOS
		Botas	Verificar: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Buen estado de las botas</li> <li>- Aseo</li> <li>- - Capacitación del personal</li> </ul>
	Instalaciones	Área lavado de EPP	Verificar: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseño de la infraestructura (filtros, paredes, ventilación)</li> <li>- Señalización adecuada</li> <li>- Seguridad / restricción</li> <li>- Constancia en capacitación personal (funciones)</li> <li>- - Constancia de uso exclusivo de elementos de aseo para esta actividad (plátón, jabones o detergentes exclusivos, EPP)</li> </ul>
		Área de cambio ropa impregnada	Verificar: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseño (entrada y salida única, filtros, paredes, área de secado, infraestructura en general)</li> <li>- Señalización del área</li> <li>- Seguridad y mecanismos de restricción</li> <li>- - Constancia en capacitación del personal (funciones)</li> </ul>
		Área de duchas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Señalización</li> <li>- Diseño (filtros, paredes, infraestructura)</li> <li>- Seguridad - restricción</li> <li>- - Constancia en capacitación personal (funciones)</li> </ul>
		Área ropa limpia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Señalización</li> <li>- Diseño</li> <li>- Seguridad</li> <li>- - Constancia capacitación personal</li> </ul>

### Cont. Cuadro 3.

ACTIVIDAD	LISTA DE CHEQUEO	REQUERIMIENTOS
	Área de lavado	Verificar: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseño del área (infraestructura, sistemas de tratamiento de aguas residuales)</li> <li>- Señalización</li> <li>- Protocolo de lavado y perforado (que hacer, como hacerlo, etc.).</li> <li>- Existencia de hoja de seguridad</li> <li>- Seguridad y control de ingreso</li> <li>- Verificación de funciones y constancia en capacitación personal</li> <li>- Uso de EPP</li> <li>- - Registros de estado de filtros</li> </ul>
8. Lavado y disposición de envases vacíos y EPP en desuso	Área de disposición	Verificar: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseño adecuado de la infraestructura</li> <li>- Señalización</li> <li>- Seguridad</li> <li>- Funciones y constancia capacitación personal</li> <li>- Protocolo de labor</li> <li>- - Registro de existencia (inventario)</li> </ul>
		Verificar: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseño adecuado</li> <li>- Señalización</li> <li>- Seguridad</li> <li>- Protocolo de lavado y perforado</li> <li>- Verificación de Funciones y constancia capacitación personal (tapa, etiquetas rasgadas)</li> <li>- Protocolo de labor</li> <li>- Constancia de existencia</li> <li>- - Constancia de destino final de envases a personal responsable</li> </ul>

### Cont. Cuadro 3.

ACTIVIDAD	LISTA DE CHEQUEO	REQUERIMIENTOS
9. Medidas en caso de accidentes		<ul style="list-style-type: none"><li>- Plan de Panorama de riesgos</li><li>- Plan de respuesta a emergencias</li><li>- Plan de monitoreo / mantenimiento preventivo</li><li>- Protocolos y diagramas de procedimientos</li><li>- Listado de teléfonos de emergencia</li><li>- Existencia de equipos y facilidades de respuesta a emergencias (botiquín, extintor, recolección de derrames)</li><li>- Capacitación de personal responsable</li></ul>

### Cuadro 4. Términos que describen indicadores de riesgo de plaguicidas (Fuente: Levitan, 2000).

- Valoraciones de impacto sobre el ambiente de los plaguicidas
- Indicadores de riesgo ambiental de los plaguicidas
- Sistemas de manejo integrado de plagas
- Medidas para la adopción de sistemas de manejo integrado de plagas
- Medidas de éxito de sistemas de manejo integrado de plagas
- Sistemas para soportar las decisiones del uso de plaguicidas
- Indicadores del impacto ambiental de los plaguicidas
- Clasificaciones jerárquicas del riesgo del uso de plaguicidas
- Modelos de valoración del impacto causado por plaguicidas
- Sistemas de valoración del impacto causado por plaguicidas
- Índices de plaguicidas
- Programas de evaluación de plaguicidas
- Sistemas de clasificación y calificación de los plaguicidas
- Análisis de riesgo de los plaguicidas
- Escalas de riesgo de los plaguicidas

**Cuadro 5.** Los siete plaguicidas más riesgosos clasificados según tres diferentes sistemas de valoración (Fuente: Levitan, 2000).

CHEMS-1	California	EIQ
• Terbufos	• Metomil	• Disulfoton
• Trifluralina	• Aldicarb	• Paration
• hexaclorobenceno	• Carbofuran	• Propoxur
• Ántraceno	• 2,4-D	• Metometil oxido
• Clorotalonil	• Mevinfos	• Fenamifos
• 2,4-D	• Dimetoato	• Dimetoato
• 1,3-dicloropropeno	• Trifluralina	• Paraquat

### **III. Cálculo de Índices de Riesgo de Residuos (IRR) y de Riesgo Toxicológico (IRT) de Plaguicidas Utilizados en Hortalizas, Frutales y Flores, en el La zona Centro de Colombia**

Con el propósito de caracterizar los problemas fitosanitarios y las soluciones que a ellos dan productores de hortalizas, frutas y flores de la zona centro de Colombia, se realizaron varios estudios entre 1999 y 2005 en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá (Santiago, 2001; Acosta, 2003; Suárez y Acosta, 2004; y Nausa, 2005). La metodología consistió en coleccionar información directamente en el campo, mediante encuestas a los agricultores. La información recopilada incluyó:

- Plaguicidas usados por cultivo (se consideraron aquellos que comúnmente se emplean y los utilizados en el último ciclo de cultivo).
- Identificación de los organismos plaga
  - Variables de uso y manejo:
  - Dosis de aplicación. Se calculó con base al producto comercial por volumen de la mezcla relacionado con el área de aspersión.
  - Frecuencia de uso:

- Número de aplicaciones por ciclo de cultivo.
- Tiempo que transcurre entre aplicaciones (días).
- Momento de aplicación (fase del cultivo -semana- en que se realiza el control).
- Periodo de carencia real: Tiempo (días) entre la última aplicación y la cosecha.

El siguiente es un listado de los cultivos valorados y el número de ingredientes activos registrados:

- Cilantro (*Coriandrum sativum* L.): 30 ingredientes activos
- Espinaca (*Spinacia oleracea* L.): 26 ingredientes activos
- Repollo (*Brassica oleracea* var. *Capitata*): 25
- Fresa (*Fragaria* sp.): 39
- Uchuva (*Physalis peruviana* L.): 43
- Cebolla larga (*Allium fistulosum* L.): 17
- Rosa: 51 ingredientes activos
- Clavel: 51 ingredientes activos

En el caso de Rosa y Clavel, el estudio se realizó en una sola finca.

La metodología en general para los diferentes estudios, consistió en calcular el Potencial de Residuos (PR) y el Potencial de Residuos Tóxicos (PRT). Estos dos índices están dados, básicamente por dos factores principales: uno que determina la cantidad de cada plaguicida que se aplica por ciclo de cultivo por agricultor, que se denomina Carga del plaguicida (C) y está relacionado con las variables de manejo (para el caso del PR) y con la toxicidad en el caso en que se considera el potencial de residuos tóxicos (PRT), y otro que indica el Potencial de Concentración del plaguicida en la planta (PC) y está dado por las características

físicas químicas y biológicas del compuesto relacionadas con los tejidos grasos y proteicos en la planta. Así, en general:

$$PR = C * PC$$

**Carga del pesticida ( C ),** se determina como:

$$C = df / p * ó$$

$$C = df / (p DL50)**$$

\* cuando se considera sólo el residuo (PR) \*\* cuando se considera el residuo tóxico (PRT)

donde:

**d** : dosis (mg i.a./cm<sup>2</sup>)

**f** : frecuencia de aplicación ajustada

$$f = na * (1 + 1/ia) * ma$$

aquí, na : número de aplicaciones por ciclo

ia : intervalo de tiempo (días) que transcurre entre aplicaciones

ma : momento de aplicación (factor de ajuste)

Esto es :

$$ma = (si + sf) / sc$$

donde, si : semana en la que se inician las aplicaciones

sf : semana en que se finalizan las aplicaciones

sc : número de semanas para un ciclo de cultivo

p : tiempo (días) entre la última aplicación y la cosecha

**DL50** : dosis letal media aguda oral para ratas hembras o machos (la más drástica)

La frecuencia de aplicación ajustada busca hacer precisión en las frecuencias de aplicación de los plaguicidas, puesto que los controles químicos que se realizan durante el ciclo del cultivo no se disponen con una frecuencia estable a lo largo del ciclo, sino, que tienden a concentrarse en una fase de éste de acuerdo con el comportamiento de las plagas, las enfermedades o el criterio del productor. El factor  $(1 + I/ia)$  es un indicador, generalizado, de la acumulación de plaguicida que podría presentarse si el tiempo de degradación o disipación del plaguicida en la planta supera el tiempo que transcurre entre aplicaciones. El momento de aplicación (**ma**) es un factor que señala la concentración (en el tiempo) de las aplicaciones. Indica que la presencia potencial de residuos puede aumentar o disminuir dependiendo de que las aplicaciones se concentren al final o al comienzo del ciclo del cultivo, respectivamente. Lo anterior está relacionado con la distancia, en tiempo, al momento de la cosecha y con la capacidad de la planta para captar plaguicida debida a su menor o mayor área foliar dependiendo de la fase del cultivo en que se efectúen las aplicaciones.

### **Potencial de concentración en la planta (PC)**

El potencial de concentración en la planta está dado por la fórmula :

$$PC = t^{1/2} (PBCP + PBCL)$$

$t^{1/2}$  es una medida de la vida media con base en el metabolismo del plaguicida en la planta. Se calcula como:

$t^{1/2} = 0,2 * \text{vida media en suelo}$  (Se consideró una temperatura promedio del suelo de 20°C)

PBCP es el potencial de concentración en tejido proteico y PBCL es el potencial de concentración en lípidos. Su cálculo en forma general es :

$$\text{Log PBCP} = 0,62 \text{ Log Kow} + 0,46$$

$$\text{Log PBCL} = \text{Log Kow}$$

Los valores de  $t_{1/2}$ ,  $\text{PBC}_p$  y  $\text{PBC}_L$  fueron tomados del programa para computador "PETE" realizado por Nicholls (1997). Los valores de  $\text{PBC}_p$  y  $\text{PBC}_L$  son un indicador de la posibilidad que tiene los plaguicidas de concentrarse en la planta, relacionada directamente con los valores de Kow de cada plaguicida. Los valores de Kow empleados para los  $\text{PBC}_p$  y  $\text{PBC}_L$  son recalculados por el programa en el caso de compuestos ionizados, como: bases, ácidos y cationes (Programa PETE). El valor de  $t_{1/2}$  es un indicador del tiempo que puede permanecer biodisponible el compuesto en la planta. El programa PETE utiliza el factor 0,2 para el cálculo de la vida media en planta ( $t_{1/2}$ ) a partir de la vida media en suelo.

Los valores del índice, IR e IRT, se calcularon con base en los valores obtenidos de PR o PRT respectivamente, de acuerdo con el Cuadro 6. En el Cuadro 7 se presenta un listado de los compuestos en cilantro, espinaca, cebolla, uchuva, rosa y clavel con valores críticos para los índices de IR y/o IRT. Los compuestos resaltados presentan valores críticos de estos índices en más de dos cultivos.

**Cuadro 6.** Valoración y significado de los índices IR e IRT (Fuente: Santiago, 2001; Acosta, 2003; Suárez y Acosta, 2004; y Nausa, 2005).

Cifras significativas	Valor del índice	Interpretación	Calificación*
milésimas o menores	<1	Bajísimo	-
centésimas	1	Muy Bajo	-
décimas	2	Bajo	-
Unidad	3	Medio	Crítico
Decenas	4	Alto	Crítico
centenas o mayores	>4	Muy Alto	Crítico

**Cuadro 7.** Plaguicidas en cilantro, espinaca, cebolla, uchuva, rosa y clavel con valores críticos para los índice de IR y/o IRT.

Cilantro	Espinaca	Fresa	Uchuva	Rosa	Clavel
Mancozeb	Mancozeb	Benomil	Propineb	Flufenoxuron	Bitertanol
Difenoconazol	Difenoconazol	Captan	Mancozeb	Fenpiroximato	Deltametrina
Profenofos	Profenofos	Carbendazim	Carbendazim	Dodemorph	Fenpiroximato
Clorpirifos	Clorpirifos	Clorpirifos	Profenofos	Procloraz	Metiocarb
Deltametrina	Deltametrina	Diclofuanid	Metalaxil	Tetradifon	Tetradifon
Lambda cialotrina	Lambda cialotrina	Endosulfan			
	Tetradifon	Propineb			
	Cipermetrina	Piridaben			
		Tetradifon			

## Referencias

Acosta A., P. 2003. Evaluación del riesgo de residuos de plaguicidas en tejido vegetal de cebolla larga (*Allium fistulosum* L.), producida en el municipio de Aquitania, Boyacá. Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía, Sede Bogotá

CropLife América. 2002. CARES. Cumulative and Aggregate Risk Evaluation System. Washington, DC. [www.CropLifeAmerica.org](http://www.CropLifeAmerica.org)

Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., Tette, J., 1992. A method to measure the environmental impact of pesticides. New York's Food and Life Sciences Bulletin No. 139. Cornell University, Ithaca, NY, 8pp.

Leeuwen, van C. J. y J. L. M. Hermens (eds.). 1995. Risk assessment of chemicals: An Introduction. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands. 361 p.

Levitan, L. 2000. 'How to' a and 'Why': assessing the enviro-social impacts of pesticides. *Crop Protection* 19: 629-636.

Levitan, L., 1997. An Overview of Pesticide Impact Assessment Systems (a.k.a. 'pesticide risk indicators') Based on Indexing or Ranking Pesticides by Environmental Impact. Background paper presented at the Organization of Economic Cooperation and Development (OECD) Workshop on Pesticide Risk Indicators, 21}23 April 1997, Copenhagen, Denmark, 89pp. <http://www.cfe.cornell.edu/risk>.

Levitan, L., 1999. Pesticide Risk Indicators: A List with Hyperlinks. Environmental Risk Assessment Program, Cornell University, Ithaca, NY, USA, ERAP Fact Sheet 99-02. (<http://www.cfe.cornell.edu/risk/PesticideRiskIndList.html>).

Levitan, L., Kovach, J., 1998. Pesticides ranking by environmental impact. In: Meyers, R.A. (Ed.), *Encyclopedia of Environmental Analysis and Remediation*. Wiley, New York, pp. 3514}3555.

Levitan, L., Merwin, I., Kovach, J., 1995. Assessing the relative environmental impacts of agricultural pesticides: the quest for a holistic method. *Agric. Ecosystems Environ.* 55, 153}168.

Nausa, O. 2005. Diagnóstico de patrones de uso en plaguicidas y construcción de un índice de riesgo de residuos en fresa (*Fragaria* sp.) y uchuva (*Physalis peruviana* L.). Trabajo de gra-

do para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía, Sede Bogotá.

Pease, W.S., Liebman, J., Landy, D., Albright, D., 1996. Appendix I. In: Pesticide Use in California: Strategies for Reducing Environmental Health Impacts. An Environmental Health Policy Program Report, Center for Occupational and Environmental Health, School of Public Health, California Policy Seminar. University of California, Berkeley, CA.

Reus, J., Leendertse, P., Bockstaller, C., Fomsgaard, I., Gutsche, V., Lewis, K., Nilsson, C., Pussemier, L., Trevisan, M., van der Werf, H., Alfarroba, F., Blumel, S., Isart, J., McGrath, D., Seppala, T., 1999. Comparing Environmental Risk Indicators for Pesticides: Results of the European CAPER Project. CLM 426-1999. Center for Agriculture and Environment, Utrecht, NL, 184pp. <http://www.clm.nl>.

Santiago, J. C. 2001. Diagnóstico del uso y manejo de plaguicidas en tres cultivos hortícolas en la Sabana de Bogotá y propuesta de un índice de predicción de residuos de plaguicidas. Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía, Sede Bogotá.

Suarez, M. y R. Acosta. 2004. Evaluación del impacto ambiental potencial causado por el uso de residuos vegetales de rosa y clavel como abono verde en una finca de la sabana de Bogotá. Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía, Sede Bogotá.

Suter G.W., II. 1989. Ecological endpoints. In: U.S. EPA. Ecological assessments of hazardous waste sites: A field and laboratory reference document. Warren-Hicks, W., B.R. Parkhurst, S.S. Baker, Jr., eds. EPA 600/3-89/013.

Swanson, M.B., Davis, G.A., Kincaid, L.E., Schultz, T.W., Bartmess, J.E., Jones, S.L., George, E.L., 1997. A screening method for ranking and scoring chemicals by potential human health and environmental impacts. *Environ. Toxicol. Chem.* 16, 372:383.

Tarazona, J.V. 1997. The identification of thresholds of acceptability and danger: The biological route. *Arch. Toxicol. Sup* 19: 137-146.

Tarazona, J.V. 2007. Valoración y gestión del riesgo asociado a los contaminantes orgánicos persistentes (COP's). Taller nacional sobre valoración y gestión del riesgo asociado a los contaminantes orgánicos persistentes en Colombia. Ministerio del Medio Ambiente, vivienda y Desarrollo Territorial. Acuerdo de donación gef tf 051529 – proyecto col/03/04. Bogotá, 21-24 de noviembre de 2006.

Troyer, M.E. and M.S. Brody. 1994. Managing ecological risks at EPA: issues and recommendations for progress. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency. EPA/600/R-94/183. Available from: <http://www.epa.gov/ORD/WebPubs/ecorisk.pdf>.

U.S. Department of Energy. Environmental Sciences Division and Life Sciences Division of Oak Ridge National Laboratory. 2003. Ecological Risk Analysis: Guidance, Tools and applications. <http://www.esd.ornl.gov/programs/ecorisk/ecorisk.html>

U.S. EPA. 1992. Framework for ecological risk assessment. EPA/630/R-92/001. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Risk Assessment Forum.

U.S. EPA. 1997. Priorities for ecological protection: An initial list and discussion document for EPA. Washington, DC: U.S.

Environmental Protection Agency. EPA/600/S-97/002. Available from: <http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=12381>

U.S. EPA. 1998. Guidelines for ecological risk assessment. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Risk Assessment Forum. EPA/630/R-95/002F. Available from: <http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=12460>

U.S. EPA. 2003. Generic Ecological Risk Assessment Endpoints (GEAEs) for Ecological Risk Assessment. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Risk Assessment Forum. EPA/630/P-02/004F. Available from: <http://cfpub.epa.gov/ncea/raf>.

US Environmental Protection Agency, Office of Pollution Prevention and Toxics, 1996. Emergency Planning and Community Right-to-Know Section 313: List of Toxic Chemicals. EPA745-B-96-002.

[www.epa.gov/pesticides/](http://www.epa.gov/pesticides/)



## **VI- Visión General Del Problema de Malezas En Venezuela**

*Alvaro Anzalone*

Departamento de Fitotecnia. Decanato de Agronomía.

Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado".

Barquisimeto, Estado Lara, Venezuela. Apartado Postal 400.

E-mail: [aanzalone@ucla.edu.ve](mailto:aanzalone@ucla.edu.ve)

### **Introducción**

Las malezas constituyen la principal plaga agrícola y de su manejo depende en gran medida el éxito de la producción agraria. Las complejas y variadas interacciones que establecen las malezas como subsistema dentro del agroecosistema, las ubican como uno de los principales factores biológicos a considerar para comprender el delicado equilibrio entre hombre-cultivo-ambiente, del cual pretendemos sacar el mejor provecho. Poseer esta visión holística que intenta comprender al cultivo no de forma aislada, sino como un pequeño ecosistema artificial con innumerables relaciones internas y externas que el hombre manipula de acuerdo a sus necesidades, es el reto que aún desafiamos los productores y técnicos agrícolas, al cual debemos agregar la alta presión por parte de la colectividad para que dentro del manejo de esos agroecosistemas sean consideradas las variables ambientales. Además, dada la creciente necesidad de producción de alimentos, en especial en Latinoamérica, donde aún existe un porcentaje muy alto de la población con acceso limitado a alimentos de calidad, el reto del manejo agronómico de los cultivos se torna más desafiante, y las pérdidas de producción y calidad causadas por las malezas son cada vez menos justificables.

Esta situación nos obliga a profundizar en el estudio de las malezas y su manejo, haciendo énfasis en los aspectos del uso

adecuado y eficiente de los métodos de control. El primer paso que debe darse para combatir las malezas es conocer la situación a la que nos enfrentamos; este conocimiento no debe ser puntual en el tiempo, sino que debe ser un proceso de evaluación constante y un conocimiento histórico del comportamiento de la flora en los campos que se utilizan para la producción agrícola, para lo cual es imprescindible conocer la taxonomía, biología y ecología de las malezas y sus poblaciones, base fundamental para todo programa de manejo integral de malezas. Es por ello que en esta ponencia se recolecta la información general y básica sobre los problemas de malezas en Venezuela, como un aporte para el conocimiento de este tema y su posible comparación con la situación de otros países latinoamericanos.

### **Características generales de las zonas de producción agrícola en Venezuela**

Venezuela se caracteriza por tener un paisaje natural y agrícola muy variado, por lo que es difícil definir de forma única o general las áreas de producción vegetal y animal. Desde las zonas montañosas de los Andes hasta los inmensos llanos inundables o las grandes sabanas de oriente, la diversidad del paisaje produce una inmensa variedad en la flora natural y, por supuesto, en la flora de plantas arvenses. Por esta razón es difícil hacer un estudio único de los problemas de malezas en nuestro país, pero si es posible hacer un acercamiento de los más comunes y principales problemas.

En Venezuela se presentan algunas características generales de las zonas de producción agrícola que tienen influencia sobre la dinámica del complejo malezas y hacen de las éstas un problema complejo e interesante; entre esas características se pueden encontrar:

- Alta variabilidad de hábitats y condiciones agroclimáticas, lo que posee una lógica influencia sobre las malezas presentes en los agroecosistemas. La vegetación se ve favorecida o limitada en su desarrollo por la interrelación de factores bióticos y abióticos que dan lugar a distintas formaciones vegetales, siendo las principales las selvas lluviosas, los bosques nublados, bosque caducifolio, sabanas y chaparrales, páramos y matorrales andinos y ambientes con vegetación xerófila.
- Alta variabilidad de tipos de suelos, inclusive dentro de áreas de pequeño tamaño. Los principales suelos de Venezuela en orden de abundancia son: (1) Suelos ácidos, bien drenados, con textura que va de arenosa a media y baja fertilidad (oriente y sur del país); (2) Suelos neutros o ligeramente ácidos, con problemas de drenaje, y textura que va de media a arcillosa con mediana fertilidad (llanos occidentales y centrales) y (3) Suelos que oscilan entre neutros y calcáreos, con mediano drenaje y textura que va de media a arcillosa con fertilidad relativamente alta (valles intramontanos y zonas semiáridas del país)
- Coexistencia de innumerables formas de producción y niveles tecnológicos en la agricultura. Es posible encontrar como vecinos sistemas de producción altamente tecnificados y pequeños sistemas de agricultura de subsistencia.
- Las zonas de producción de importancia se encuentran bajo regímenes de lluvia-sequía bien marcados, principalmente al Norte del río Orinoco. La estación seca va de noviembre a abril y la lluviosa de mayo a octubre.
- Las variaciones en el clima están altamente influenciados por la altura sobre el nivel del mar. Las temperaturas medias varían desde 1° a 9°C en los páramos andinos, hasta unas máximas cercanas a los 40°C en Maracaibo y los Llanos.

- Existen inmensas áreas con potencial agrícola o pecuario aún sin explotar, por lo que la influencia de la flora autóctona sobre algunas zonas de expansión agrícola es importante. Aún hoy día más de 50% del territorio está cubierto por bosques y en algunas zonas, como por ejemplo en las extensas sabanas de Guayana, la presencia del hombre apenas ha producido modificaciones en el paisaje.
- La agricultura se concentra en las tierras al norte del río Orinoco, aunque existen pequeños centros de producción al sur del mismo.
- Alta dependencia de insumos importados, en especial semillas, maquinaria y agroquímicos.

Estas características generales tienen alta influencia en la distribución geográfica de los rubros de producción agrícola y por ende en las malezas asociadas a los sistemas agrícolas y pecuarios. Si bien existen múltiples condiciones ecológicas para la producción de diferentes cultivos, la economía agrícola del país se sustenta, como sucede en muchos otros países, en relativamente pocos cultivos. Entre los cultivos de importancia en Venezuela se encuentran:

- **MAIZ:** que se produce en prácticamente todo el país, pero en especial en los llanos centrales y occidentales.
- **ARROZ:** ubicado en los llanos mas bajos del centro y centro-occidente.
- **SORGO:** concentrado en zonas de producción similares al maíz, siendo el principal cultivo de rotación de éste.
- **PASTOS Y FORRAJES:** distribuidos en todo el país en pequeños centros de producción pecuaria. Vale la pena destacar zonas de importancia como el sur del Lago de Maracaibo

(occidente) y los llanos, estos últimos con grandes zonas de pastos no cultivados.

- **CAÑA DE AZUCAR:** Concentrada en el centro y centro-occidente del país, pero ampliamente extendida en todo el territorio.
- **HORTALIZAS:** cultivadas en toda la zonas altas del país (cordillera andina y de la costa) y en especial en el Valle de Quibor, una amplia zona llana semiárida ubicada en el centro-occidente del país. También se encuentran grandes zonas productoras de tomate para industria en las zonas llanas del centro (en época de sequía) y melón en las zonas más áridas del país (norte del Estado Lara y el Estado Falcón).
- **VERDURAS Y TUBERCULOS:** extendidos por todo el país, pero con predominio en las zonas altas y frescas. El cultivo de yuca (*Manihot esculenta*) se concentra al sur del país y en los llanos occidentales.
- **BANANOS:** con importantes zonas de producción al sur del Lago de Maracaibo, pero extendido hasta el centro del país.
- **CAFÉ:** cultivado en zonas de montaña sobre los 1000 metros sobre el nivel del mar, en especial en los estados de la cordillera andina.
- **FRUTALES:** destacándose entre ellos los cítricos, el aguacate, el mango la lechoza (papaya) y otros menores como la parchita (passion fruit), la uva, piña y níspero. Estos cultivos se distribuyen en todo el país, aunque algunos poseen zonas específicas de alta producción.

También cabe mencionar otros cultivos de importancia local como el cacao, algodón, girasol, ajonjolí, palma aceitera o tabaco, todos ellos de relativa baja producción.

## Las malezas en los sistemas de producción agropecuarios de Venezuela

Una visión general del problema de malezas en Venezuela arroja los siguientes datos: el número aproximado de especies vegetales consideradas malezas es de 514, reunidas en unas 80 familias botánicas. De estas familias botánicas las de mayor importancia (con el 45 % del total de las especies malezas) son la POACEAE con 90 especies, ASTERACEAE con 89 especies y la FABACEAE con unas 46 especies. Otras familias botánicas de importancia (20 % del total de las especies malezas) son las familias CONVULVACEAE, SOLANACEAE, AMARANTHACEAE, LABIATAE y VERBENACEAE. También merecen mencionarse las familias CYPERACEAE, LORANTHACEAE, POLYGONACEAE y AIZOACEAE, que si bien poseen pocas especies como malezas, algunas de ellas son de alta importancia.

Al estudiar las especies en grandes grupos de clasificación agronómica, encontramos que las de mayor importancia en Venezuela son:

<b>Especie Común</b>	<b>N o m b r e</b>
Gramíneas:	
<i>Rottboellia exaltata</i> (sin. <i>R. cochinchinensis</i> )	Paja peluda, Paja rolito
<i>Sorghum verticilliflorum</i>	Falso Johnson
<i>Sorghum halepense</i>	Pasto Johnson
<i>Echinochloa colona</i> ; <i>E. crus-galli</i>	Paja americana, Arrocillo
<i>Leptochloa filiformis</i> ; <i>L. virgata</i>	Cola de zorro, Saladillo

<i>Digitaria sanguinalis</i>	Pata de gallina
<i>Chloris radiata</i> ; <i>C. inflata</i> .	Paragüita
<i>Ischaemun rugosum</i>	Paja rugosa
<i>Panicum maximum</i>	Pasto guinea
<i>Setaria faberii</i> ; <i>S. viridis</i>	Limpia botellas
<i>Paspalum virgatum</i> ; <i>P. fimbriatum</i> ; <i>P. notatum</i>	Paja Coneja, granadilla u horqueta
<i>Eleusine indica</i>	Guarataro
<i>Cynodon dactylon</i>	Pelo de indio
<i>Cenchrus echinatus</i> ; <i>C. setigerus</i> ; <i>C. ciliaris</i>	Cadillo
<i>Andropogon bicornis</i>	Cola de caballo
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	Paja estrella
<i>Imperata cilíndrica</i>	Guacamaya
Hojas anchas:	
<i>Amaranthus dubius</i> ; <i>A. viridis</i>	Bledo
<i>Portulaca oleracea</i>	Verdolaga
<i>Ipomoea tiliacea</i> ; <i>I. nil</i> ; <i>I. quinquefolia</i>	Batatilla
<i>Euphorbia hypericifolia</i> ; <i>E. heterophylla</i> ; <i>E. hirta</i>	Lecherito
<i>Eclipta alba</i>	Botón blanco
<i>Commelina diffusa</i>	Suelda con suelda
<i>Sida acuta</i> ; <i>S. rhombifolia</i>	Escoba
<i>Lantana camara</i> ; <i>L. achyranthifolia</i> ; <i>L. trifolia</i>	Cariaquito
<i>Heliotropium ternatum</i> ; <i>H. indicum</i> ; <i>H. filiformis</i>	Rabo de alacrán

<i>Tridax procumbens</i>	Tridax
<i>Bidens pilosa</i>	Cadillo de perro
<i>Calotropis procera</i>	Algodón de seda
<i>Trianthema portulacastrum</i>	Falsa verdolaga
<i>Ruellia tuberosa</i>	Batatilla, escopetilla
<i>Acanthospermum hispidum</i>	Cachito
<i>Acalypha virginica; A. alopecuroidea</i>	Rabo de gato
<i>Aldama dentata</i>	
<i>Parthenium hysterophorus</i>	Lluvia de plata
<i>Phyllanthus niruri</i>	Flor escondida
<i>Datura stramonium</i>	Ñóngue
<i>Solanum nigrum</i>	Yoco-yoco
<i>Emilia sonchifolia</i>	Pincelito
<i>Momordica charantia</i>	Cundeamor
<i>Leonotis nepetaefolia</i>	Cordón de Fraile
<i>Boerhavia erecta, B. decumbens</i>	Rodilla de pollo
<i>Tribulus cistoides</i>	Abrojo
<i>Kallstroemia máxima</i>	Verdolaga de abrojo
<i>Desmanthus virgatus</i>	Platanillo
Ciperáceas:	
<i>Cyperus rotundus</i>	Corocillo
<i>Cyperus feraz</i>	Corona de Jesús
<i>Cyperus esculentus</i>	Coquito

<i>Fimbristylis miliacea</i> ; <i>F. tiliacea</i>	Pelo de indio
<i>Scleria pterota</i>	Lágrimas de San Pedro
Helechos:	
<i>Pteridium aquilinum</i>	Helecho macho
Acuáticas:	
<i>Eichhornia crassipes</i>	Lirio de agua, bora
<i>Limnocharis flava</i>	Buchera
<i>Heteranthera limosa</i> ; <i>H. reniforme</i>	Lochita
<i>Lemma minor</i>	Lenteja de agua
<i>Salvinia auriculata</i>	Oreja de ratón
<i>Typha angustifolia</i>	Enea

Si bien pueden existir diferencias importantes de forma local, estas especies suelen ser las más comunes en los campos cultivados del país. Los agroecosistemas de zonas altas (como el cafeto o las hortalizas) suelen poseer una diversidad de especies mucho mayor que los cultivos extensivos de tierras bajas, llegando a encontrar, por ejemplo, hasta 90 especies diferentes en pequeñas explotaciones agrícolas de café.

Cuando se realiza un estudio de las malezas asociadas a los principales cultivos de Venezuela es posible diferenciar, de forma general, a las siguientes especies como las más importantes:

### **Maíz y Sorgo:**

*Amaranthus dubius*; *Trianthema portulacastrum*; *Heliotropium indicum*; *Commelina diffusa*; *Acanthospermum hispidum*; *Agerantum conizoides*; *Aldama dentata*; *Parthemium hysterophorus*; *Ipomea spp.*; *Merremia aegyptia*; *Cucumis dispaccus*; *Momordica charantia*; *Euphorbia heterophylla*; *Hyptis suaveolens*; *Cassia occidentalis*; *Cassia*

*tora*; *Centrosema pubescens*; *Mucuna pruriens*; *Sida acuta*; *Sida rhombifolia*; *Boerhaavia erecta*; *Portulaca oleracea*; *Melochia pilosa*; *Melochia lupulina*; *Kallstroemia máxima*; *Cyperus ferax*; *Cyperus rotundus*; *Brachiaria fasciculata*; *Cenchrus ciliaris*; *Cenchrus echinatus*; *Cynodon dactylon*; *Digitaria sanguinalis*; *Eleusine indica*; *Echinochloa colona*; *Leptochloa filiformis*; *Rottboellia cochinchinensis*; *Setaria verticillata*; *Sorghum halepense*; *Sorghum verticilliflorum*.

### **Arroz:**

*Heteranthera limosa*; *Heteranthera reniformis*; *Limnocharis flava*; *Aeschynomene* spp.; *Ammania latifolia*; *Vigna vexilata*; *Eclipta alba*; *Ludwigia* spp.; *Sphenoclea zeylanica*; *Cyperus iria*; *Fimbristylis miliacea*; *Cyperus esculentus*; *Echinochloa colona*; *Ischaemum rugosum*; *Leptochloa virgata*; *Oryza sativa* (Arroz rojo o negro); *Luziola subintegra*; *Luziola brasiliana*.

### **Caña de Azúcar:**

*Amaranthus dubius*; *Amaranthus viridis*; *Euphorbia hypericifolia*; *Euphorbia heterophylla*; *Euphorbia hirta*; *Euphorbia prostrata*; *Momordica charantia*; *Commelina diffusa*; *Kallstroemia maxima*; *Trianthema portulacastrum*; *Portulaca oleracea*; *Ipomoea* spp.; *Heliotropium* spp.; *Trianthema portulacastrum*; *Cucumis sativus*; *Ceratostyles palmata*; *Corchorus orinocensis*; *Croton lobatus*; *Priva lappulacea*; *Spigelia anthelmia*; *Cyperus rotundus*; *Rottboellia cochinchinensis*; *Cynodon dactylon*; *Panicum maximum*; *Leptochloa filiformis*; *Sorghum halepense*; *Sorghum verticilliflorum*; *Panicum fasciculatum*; *Dactyloctenium aegyptium*.

### **Café:**

*Borreria alata*; *Borreria laevis*; *Brassica alba*; *Croton hirtus*; *Drymaria cordata*; *Eclipta alba*; *Emilia sonchifolia*; *Impatiens balsamina*; *Ipomoea trifida*; *Jatropha urens*; *Lantana câmara*; *Melochia lupulina*; *Hyptis mutabilis*; *Oxalis corniculata*; *Plantago major*; *Sida acuta*; *Sida*

*rhombifolia*; *Sonchus oleraceus*; *Synedrella nodiflora*; *Verbena litoralis*; *Colocasia esculenta*; *Commelina diffusa*; *Cyperus diffusus*; *Cyperus ferax*; *Kyllinga brevifolia*; *Scleria pterota*; *Eleusine indica*; *Panicum maximum*; *Rottboellia exaltata*; *Pteridium aquilinum*.

### **Hortalizas:**

En este caso existe una inmensa variedad, de acuerdo al cultivo y la zona agroecológica donde se ubique el mismo, sin embargo, de forma general es común encontrar las siguientes especies malezas: *Amaranthus dubius*; *Amaranthus viridis*; *Trianthema portulacastrum*; *Parthenium hysterophorus*; *Ipomea* spp.; *Cucumis dispaccus*; *Momordica charantia*; *Chenopodium murale*; *Waltheria americana*; *Datura stramonium*; *Eclipta alba*; *Tribulus cistoides*; *Ricinus communis*; *Euphorbia heterophylla*; *Euphorbia hypericifolia*; *Euphorbia heterophylla*; *Euphorbia hirta*; *Euphorbia prostrata*; *Kallstroemia maxima*; *Portulaca oleracea*; *Ipomoea* spp.; *Cyperus rotundus*; *Rottboellia cochinchinensis*; *Cynodon dactylon*; *Panicum maximum*; *Leptochloa filiformis*; *Sorghum halepense*; *Sorghum verticilliflorum*; *Panicum fasciculatum*; *Eleusine indica*; *Echinochloa colona*; *Leptochloa filiformis*; *Setaria verticillata*.

### **Bananos:**

*Acalypha virginica*; *Parthenium hysterophorus*; *Acalypha alopecuroidea*; *Euphorbia hirta*; *Euphorbia hypericifolia*; *Croton lobatus*; *Phyllanthus niruri*; *Phaseolus lathyroides*; *Desmodium canum*, *Desmodium tortuosum*; *Ruellia tuberosa*; *Commelina difusa*; *Commelina erecta*; *Ipomoea* spp.; *Sarcostemma glaucum*; *Peperomia pellucida*; *Urera baccifera*; *Physalis angulata*; *Momordica charantia*; *Cyperus rotundus*; *Cyperus luzulae*; *Panicum maximum*; *Paspalum conjugatum*; *Paspalum virgatum*; *Ixophorus unisetus*; *Eleusine indica*; *Echinochloa colona*; *Cynodon dactylon*; *Sorghum halepense*.

### **Frutales:**

Tal como en el caso de las hortalizas, en frutales la diversidad de malezas es extremadamente amplia. Sin embargo un listado amplio de malezas comunes puede ser el siguiente: *Malvastrum coromandelianum*; *Lippia nodiflora*; *Ruellia tuberosa*; *Desmanthus virgatus*; *Trianthema portulacastrum*; *Lagascea mollis*; *Sida acuta*; *Boerhavia decumbens*; *Ipomoea tiliacea*; *Malvastrum americanum*; *Parthenium hysterophorus*; *Sida rhombifolia*; *Tridax procumbens*; *Abutilon theophrasti*; *Euphorbia hypericifolia*; *Alternanthera polygonoides*; *Borreria laevis*; *Portulaca oleracea*; *Paullinia fuscescens*; *Cenchrus echinatus*; *Phyllanthus niruri*; *Lactuca intybacea*; *Heliotropium indicum*; *Corchorus orinocensis*; *Lantana camara*; *Asclepias curassavica*; *Crotalaria pallida*; *Sarcostemma glaucum*; *Momordica charantia*; *Achyranthes indica*; *Solanum americanum*; *Solanum nigrum*; *Eclipta alba*; *Bidens pilosa*; *Kallstroemia máxima*; *Serjania polyphylla*; *Euphorbia heterophylla*; *Malachra alceifolia*; *Capraria biflora*; *Melochia pyramidata*; *Cyperus ochraceus*; *Cyperus rotundus*; *Sporobolus pyramidatus*; *Chloris radiata*; *Chloris inflata*; *Sorghum halepense*; *Paspalum fimbriatum*; *Sorghum verticilliflorum*; *Echinochloa colona*; *Panicum maximum*; *Cenchrus brownii*.

### **Pastos y Forrajes:**

En estos rubros de producción suelen predominar las especies gramíneas como las más problemáticas, destacándose entre ellas el *Sorghum halepense*; *Sorghum verticilliflorum* y la *Rottboellia cochinchinensis*. Las especies de hoja anchas son muy variadas, tanto que sería poco práctico nombrarlas debido a que difieren ampliamente entre las zonas de pastos altos (zonas andinas) a los pastos naturales de las zonas bajas (llanos centrales y occidentales). Merece la pena mencionar los problemas que produce el *Pteridium aquilinum* en los pastos de zonas altas, ya que esta especie es sumamente agresiva y su potencial tóxico sobre el ganado es muy alto.

Como última observación es importante destacar que, a juicio del autor y previa consulta a expertos nacionales, es posible resumir las principales malezas en el país de la siguiente manera: *Rottboellia cochinchinensis*, *Echinochloa colona* y *Leptochloa filiformis*; para el caso de las gramíneas; *Cyperus rotundus* en el grupo de las ciperáceas; el complejo de Euphorbiáceas (*Euphorbia hypericifolia*, *E. hirta* y *E. heterophylla*), *Portulaca oleracea* y *Amaranthus dubius* entre las hojas anchas; *Pteridium aquilinum* en el caso de las Pteridofitas y *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* en el caso de las plantas acuáticas.

Si se observa con detenimiento las especies malezas que causan los mayores problemas en la mayoría de los cultivos, es posible detallar que gran parte de las especies son exóticas o introducidas, lo que habla sobre la falla en las regulaciones para evitar la entrada de nuevas especies a las áreas de cultivo.

### **Métodos de control de malezas en Venezuela**

Como en la mayoría de los países latinoamericanos, en Venezuela coexisten diferentes métodos de control de malezas con niveles tecnológicos muy variados. En cultivos extensivos de cereales (en especial el arroz) los herbicidas de última generación son el método de control más utilizado, mientras que en los pequeños agroecosistemas de subsistencia o pequeñas explotaciones agrícolas aún existe un alto uso de los sistemas de control manual, a través del uso de escardillas, machetes, etc.

#### **Control Manual:**

Aún es muy alto el porcentaje de tierra cultivada y el número de cultivos donde se utiliza el control manual de malezas, en muchos casos combinado con otros sistemas (mecánico o químico). Cultivos como el café, diversas hortalizas, frutales y áreas no cultivadas aún siguen siendo desmalezadas con métodos

manuales (machete principalmente), consumiendo así gran cantidad de horas/hombre.

En zonas de producción de hortalizas los costos del control de malezas manual pueden alcanzar hasta el 40% de los costos totales de producción, a pesar de que en la mayoría de los casos se combinan con el uso de herbicidas, en especial cuando existe la presencia de *Cyperus rotundus*. Este tipo de control también es muy utilizado en la limpieza de los bordes de carretera, zonas industriales y en cualquier área donde la limpieza manual de malezas pueda disminuir los problemas de desempleo, ya que esta actividad es utilizada comúnmente como una vía rápida para implementar empleos temporales en las zonas rurales.

### **Control Mecánico:**

El control mecánico de malezas es poco utilizado en Venezuela fuera de lo que se refiere a la preparación inicial de los suelos para el establecimiento del cultivo. Sólo en cultivos como el maíz, la caña de azúcar o algunas hortalizas y tubérculos se acostumbra realizar control mecánico con el uso de cultivadoras. En frutales es común el uso de segadoras o rastras entre hileras de árboles; en campos bajo siembra directa es posible encontrar técnicas de control mecánico por siega presiembra.

Este método de control también es común para el manejo de malezas en pastizales, en especial a través del uso del "rolo argentino"; sin embargo, en general es posible afirmar que este tipo de control se encuentra poco desarrollado en Venezuela y es considerado por muchos como "obsoleto", aunque en muchos casos es la opción técnicamente más acertada y económica..

### **Control Físico:**

El uso del fuego para el control de malezas en Venezuela aún esta ampliamente extendido. La quema post-cosecha en cul-

tivos como la caña de azúcar o el arroz es muy común y esta labor tiene alta influencia en la dinámica de malezas en dichos cultivos; en pastizales naturales y cultivados es también común el uso de quemadas controladas para control de malezas y parásitos. Sin embargo, es necesario aclarar que en todos los casos señalados los entes gubernamentales y los centros de investigación trabajan arduamente dar con alternativas económicamente atractivas al productor y así eliminar este método de control, debido principalmente al impacto ambiental que causa. El uso de termodesmalezadoras (por llama o vapor de agua) aún no se ha introducido en el país, excepto en algún tipo de investigación científica.

La utilización de cubiertas plásticas o de otros tipos para el control de malezas es una técnica que se utiliza cada día más, en especial en cultivos hortícolas como el tomate, el pimentón y ya es ampliamente utilizado en el cultivo de melón. Los ensayos de investigación se enfocan en el uso de cubiertas biodegradables, de manera de evitar los problemas del manejo de residuos asociados al uso de cubiertas no degradables (en especial el polietileno). Sin embargo, la superficie en producción bajo estas técnicas de control sigue siendo baja.

### **Control Químico:**

Es el método de control predominante en las grandes áreas de producción de Venezuela. En el caso del control químico de malezas la preferencia de los productores agrícolas se inclina hacia el uso de herbicidas postemergentes, con aproximadamente un 70% del mercado de herbicidas. También se evidencia la preferencia por los herbicidas selectivos (60%) sobre los no selectivos (40%). Los herbicidas representan aproximadamente el 60% del mercado venezolano de plaguicidas, seguidos por los funguicidas (24%) e insecticidas (14%).

Los herbicidas más utilizados en Venezuela son el glifosato, paraquat, atrazina, nicosulfuron, 2,4-D, ametrina, diuron, linuron, MSMA, pendimethalina, propanil, bispiribac sodio, metsulfuron-metil, rimsulfuron, picloram, dicamba, fluazifop-P-butil, oxifluorfen, diquat, metribuzina, oxifluorfen, clomazone, alacloro y acetocloro.

Las innovaciones tecnológicas en el campo del control químico apuntan hacia mejoras en los sistemas de aspersión, uso de coadyuvantes y mejoradores de la calidad del agua utilizada para la mezcla. También se han hecho ensayos con protectantes (antídotos) para semillas, pero es una tecnología muy poco utilizada.

### **Casos de resistencia a herbicidas:**

Como en todos los países donde se utilizan herbicidas de forma intensiva, en Venezuela ya se han registrado casos de malezas resistentes a herbicidas. Hasta el momento, se han comprobado 3 especies de malezas con resistencia a herbicidas. En arroz irrigado se han encontrado 19 biotipos de *Echinochloa colona* resistentes a propanil, y 4 biotipos resistentes a fenoxaprop-etil. Igualmente en arroz, se reportaron 4 biotipos de *Ischaemun rugosum* resistentes a bispiribac sodio. En el cultivo del maíz se han hallado 11 biotipos de *Rottboellia cochinchinensis* con resistencia a nicosulfuron. Se encuentran bajo estudio biotipos de *Echinochloa colona* recolectadas en campos de arroz bajo siembra directa aparentemente resistente a glifosato, así como malezas del complejo Euphorbiáceas en campos de caña de azúcar resistentes a ametrina y/o diuron.

Es altamente probable que existan un número mayor de casos de resistencia en el país, pero la falta de investigación en esta área mantiene aún dichos casos en el anonimato.

### **Situación del uso de cultivos modificados genéticamente con resistencia a herbicidas:**

En Venezuela existe una restricción legal por decisión presidencial para el uso de cultivos modificados genéticamente, por lo cual este tipo de cultivos no se han introducido de forma oficial en el país. Se ha conformado una Comisión Nacional de Bioseguridad, quién será la encargada de asesorar a los entes legislativos para proceder a legislar sobre esta materia. Existe una profunda polémica entorno al uso de este tipo de cultivos, en especial debido a las incidencias económicas que implica el que algunos de nuestros países vecinos y socios comerciales permiten el uso de esta tecnología, mientras en el país esta restringida. Una fuerte presión es ejercida por el sector arrocero para la introducción de variedades mutagénicas resistentes a herbicidas.

Es probable que en sitios aislados se haya utilizado este tipo de material de forma clandestina, pero existen organizaciones no gubernamentales que monitorean este aspecto de manera de denunciar las irregularidades.

### **La investigación en el manejo de malezas en Venezuela**

Lamentablemente es poco el recurso humano destinado a la investigación en el campo de las malezas en el país. Muchas universidades y centros de investigación agraria suelen tener personal especializado en esta área del conocimiento, pero los mismos deben atender zonas de producción tan excesivamente grandes que el esfuerzo diluye. Tal como sucede en muchos otros países latinoamericanos, en muchos casos son las casas comerciales que comercializan agroquímicos, bajo una débil supervisión del estado, las que realizan los ensayos de eficacia de control, selectividad, dosis apropiadas y demás aspectos del manejo de los herbicidas, dejando siempre una sombra sobre los resultados obtenidos, por ser el evaluador del producto una de las partes interesada.

Por su parte, en las universidades se ha concentrado la investigación sobre nuevas técnicas de manejo de malezas, como el uso de cubiertas (mulch), la alelopatía, cubiertas vivas, uso de bioherbicidas y la evaluación de implementos para el control de malezas. Los organismos de investigación agraria del Estado también realizan investigación en estos campos. Otras investigaciones en los campos básicos de biología, taxonomía y ecología de poblaciones son casi exclusivas de las universidades.

Un campo de investigación muy interesante ligado a las malezas que se ha desarrollado últimamente en Venezuela, es el uso beneficioso de las especies consideradas malezas como plantas medicinales, alimento o cualquier uso no tradicional de éstas.

## **VII- Efeito de plantas daninhas na produtividade de pastagens**

*Moacyr Corsi<sup>1</sup>*

*Mariana P. Andreucci<sup>2</sup>*

*Ricardo C. D. Goulart<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Prof. Titular do Departamento de Zootecnia, ESALQ/USP.

<sup>2</sup>Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens, ESALQ/USP.

<sup>3</sup>Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens, ESALQ/USP.

### **Introdução**

A condição produtiva da planta forrageira é fundamental para que a planta daninha consiga ou não interferir no crescimento da pastagem. Pastagens bem formadas e manejadas diminuem a ocorrência de plantas daninhas mais agressivas e determinam a instalação de plantas que crescem de maneira relativamente lenta e que exigem menor rigor e frequência de controle. Já pastagens mal formadas e manejadas apresentam plantas forrageiras com menores condições de competição resultando em maior severidade dos distúrbios causados pelas invasoras, que neste caso são mais agressivas tendo reprodução eficiente aliada à maior velocidade de desenvolvimento e ciclo mais curto (Pitelli, 2006). Assim, entendemos que técnicas que maximizem a produção de forragem, como adubações e manejo do pastejo, também constituem-se em formas de controle de daninhas. Entretanto para que esse controle integrado da invasora pelo manejo da planta forrageira seja eficiente e prolongado é necessário inicialmente reduzir os efeitos negativos da planta daninha.

A presença de plantas daninhas em pastagens interfere na captação de luz, nutrientes e água, reduzindo a produtividade da

planta forrageira e do sistema de produção como um todo (Dobashi et al., 2001b; Pitelli, 2006).

O intenso sombreamento por árvores e arbustos afeta negativamente o crescimento das forrageiras, principalmente as mais responsivas à luminosidade, como é o caso de plantas C4 (Pitelli, 2006) que respondem a este sombreamento não somente com quedas na produção, mas também com quedas na qualidade do material ofertado aos animais (Logan et al., 1998; Goulart et al., 2007a).

Smith e Martin (1995) mostram que o decréscimo da produção de plantas forrageiras é proporcional à produção da planta invasora na área uma vez que para cada quilo de matéria verde produzido pela daninha ocorre redução na produção da pastagem da mesma ordem. Victória Filho (1991) cita que a carga animal em pastagens infestadas por plantas daninhas pode diminuir em cerca de 20 a 57%, de acordo com o nível de infestação da área.

As taxas de lotação das pastagens são consequência da produção e da eficiência com que a forragem é colhida (Corsi et al., 2005). A eficiência com que os animais colhem a forragem produzida também é negativamente afetada na presença de plantas invasoras a partir do momento em que ocorre restrição ao acesso dos animais à forragem (Yabuta et al., 2003, citados por Corsi et al., 2005), bem como mudança estrutural das plantas forrageiras próximas às daninhas, resultando no preterimento da pastagem pelo animal (Hein e Miller, 1992; Goulart et al., 2007a).

Outro entrave representado pela presença de plantas invasoras em uma área diz respeito ao processo de intensificação do sistema de exploração à pasto. Isto ocorre a partir do momento em que as daninhas impedem a aplicação de corretivos e fertilizantes de maneira uniforme, aumentando ainda mais o problema de desuniformidade na pastagem.

O objetivo deste trabalho é abordar os efeitos de plantas daninhas no manejo do pastejo e como as adubações podem ser usadas em estratégias de controle de daninhas em pastagens.

### **Efeitos das plantas daninhas na planta forrageira**

A competição por luz é um dos problemas que a invasora impõe sobre a planta forrageira. Os efeitos desta competição são caracterizados por mudanças fisiológicas, estruturais e morfológicas nas plantas forrageiras, afetando muitas vezes o seu potencial produtivo (Lin et al., 2001), que pode ser reduzido (Lin et al., 1999). A avaliação da arborização de sistemas de pastagens mostra que ocorre decréscimo na luminosidade e, conseqüentemente, na produção das plantas localizadas nos estratos inferiores (Carvalho 1997).

Trabalhando com aveia sob três espaçamentos de pinus, Sartor et al (2006) (citado por Sartot et al., 2001a) obtiveram produções de 6.392 Kg de MS/ha.ano a céu aberto enquanto no menor espaçamento estas foram de 1.694 Kg/ha.ano. Os autores atribuíram as quedas de produção à competição por luminosidade (Tabela 1). As radiações globais e fotossintéticas foram reduzidas significativamente à medida em que o espaçamento diminuía, como visualizado na Tabela 1, (Sartor et al., 2007a).

A dinâmica de perfilhamento de plantas forrageiras é reduzida em resposta ao sombreamento. Mudanças na produtividade da planta forrageira são decorrentes do produto entre o peso e a densidade dos perfilhos (Valentine e Matthew, 2000). Garcez Neto et al. (2007a), avaliando respostas do perfilhamento de duas espécies forrageiras de clima temperado à quatro níveis de sombreamento, mostraram que as plantas recorreram ao mecanismo de compensação entre peso e densidade de perfilhos, porém estas mudanças não foram suficientes para manter a produ-

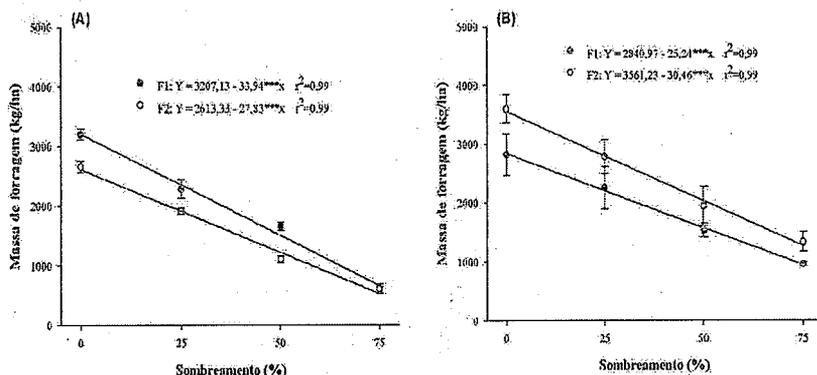
ção em relação ao tratamento não sombreado, como mostra a Figura 1.

**Tabela 1.** Níveis de radiação global e fotossintética em três espaçamentos de pinus, a céu aberto e na projeção da copa.

Variáveis	Céu aberto	Espaçamento 15x3m	Espaçamento 9x3m	Projeção da copa
Total radiação global (MJ/m <sup>2</sup> /dia)	10,8	6,5	1,1	1,2
Total radiação fotossintética (MJ/m <sup>2</sup> /dia)	5,3	3,7	1,1	2,1

Adaptado de Sartor et al. (2007a)

**Figura 1.** Produção de azevém (*Lolium perenne* cv. Grasslands Nui) (A) e dátilo (*Dactylis glomerata* cv. Grasslands Vision) (B) sob quatro níveis de sombreado no estabelecimento (F1) e na primeira rebrotação (F2).



Fonte: Garcez Neto et al. (2007a) (2001a)

A produção de folhas também é outro fator produtivo de plantas forrageiras que sofre alterações sob condições de menor

luminosidade, como demonstrado por Veras et al. (2007) que obtiveram reduções de 15% na produção de folhas de capim *Andropogon* sob sombreamento de árvores em sistemas silvipastoris em relação ao tratamento de plena luminosidade.

Garcez Neto et al. (2007b) relatam que, ao compararem níveis de sombreamento, a queda da produção das forrageiras foi de 25 a 74%, para os níveis de 25 e 75% de sombreamento, respectivamente. Almeida et al. (2007) também observaram reduções na produção de capim Marandu da ordem de 277,30 Kg/ha.corte de MS/ha devido ao sombreamento da forrageira.

Avaliando o efeito de três espaçamentos de pinus em duas espécies de leguminosas, Sartor et al. (2007b) observaram reduções de 4.350 Kg de MS/ha.ano em relação ao tratamento a céu aberto, mostrando também que a produção de leguminosas nas entrelinhas era maior do que as medidas sob a projeção das copas devido ao sombreamento das árvores.

Além de redução na produção, o sombreamento ainda pode afetar a qualidade da forragem ofertada aos animais. Trabalhos mostram que plantas sombreadas apresentam maiores teores de proteína bruta (Gobbi et al., 2007a; Almeida et al., 2007), porém este aumento sempre é acompanhado de decréscimos na produção da forragem. Pode-se inferir que, provavelmente, o aumento do teor protéico é devido ao efeito de concentração que pode ocorrer nestas plantas. Gobbi et al. (2007b) citam que o aumento no teor de proteína bruta pode ser devido à diminuição no tamanho das células que ocorre em plantas sombreadas, induzindo à concentração de nitrogênio em menores volumes celulares (Kephart e Buxton, 1993).

A qualidade da forragem ainda pode ser alterada não somente quanto à sua concentração de nutrientes, mas também através da composição morfológica com que esta é apresentada

aos animais em pastejo. A presença de plantas daninhas em pastagens, por proporcionar o sombreamento e impedir a chegada dos animais à forrageira, altera negativamente a estrutura da planta forrageira. Isto ocorre devido às respostas das plantas forrageiras ao sombreamento e ao alongamento dos entrenós (De Castro, 1997). Portanto, plantas em locais sombreados acumulam mais hastes em relação à folhas, prejudicando a qualidade da forragem.

Em experimento realizado na Fazenda Figueira em Londrina (PR) Goulart et al. (2007a) observaram que plantas de capim colômbio próximas à invasoras apresentavam maiores relações haste:folha do que plantas distantes de plantas daninhas (Tabela 2). Neste estudo foram atribuídas notas visuais de composição morfológica ao capim colômbio ao longo de linhas transectas, onde nota 5 era dada à forragem que tinha menor relação haste:folha e nota 1 era dada à forragem com maior relação haste:folha. Estas notas foram correlacionadas à proporção haste:folha obtida com o corte e separação manual de grades amostrais de forragem ( $F:H = -0,2923 + 0,1093 * \text{nota visual}$ ;  $r^2=0,66$ ;  $p<0,002$ ).

A Tabela 2 mostra que quando a planta daninha possuía espinhos, a nota de composição morfológica da forrageira era ainda mais prejudicada, resultando assim em maior proporção de hastes, provavelmente devido à maior dificuldade de acesso do animal à planta forrageira estabelecida próxima dessa invasora. Com menor acesso do animal, a planta forrageira tende à maturidade e ampliação da relação haste:folha.

Neste estudo fica evidente que a estrutura da forragem é alterada, porém não se pode isolar o efeito de sombreamento, uma vez que plantas daninhas podem causar o subpastejo da forragem próxima a elas (Yabuta et al, 2003, citados por Corsi et al.,

**Tabela 2.** Notas visuais de composição morfológica de colônio em relação à presença de plantas daninhas com e sem espinho.

Pasto	Colônio	Colônio próximo à daninha sem espinho	Colônio próximo à daninha espinhosa	Número de observações
1	3,16 a	2,80 b	2,05 c	2089
2	3,42 a	3,28 ab	2,97 b	1479

a,b, c: médias na mesma linha seguidas de letras distintas diferem entre si ( $P < 0,005$ ).

Fonte: Goulart et al. (2007a)

2005; Goulart et al, 2007a), aumentando a competição intra específica que também resulta em disputa por luminosidade e aumenta a proporção de hastes da forragem (De Castro, 1997).

Em experimento de Keith Owens et al (1991), a utilização da planta forrageira foi prejudicada tanto pela presença de plantas daninhas herbáceas como arbustivas.

A existência de subpastejo na presença de plantas daninhas pode ser ilustrado no estudo realizado na Fazenda Figueira em Londrina (PR) por Yabuta et al. (2003) (citados por Corsi et al., 2005). Neste estudo avaliou-se a quantidade de forragem presente na pastagem em relação à distância do caule de plantas daninhas com e sem espinho. O objetivo dessa pesquisa foi o de avaliar a massa de forragem que não era consumida após o pastejo devido à presença das invasoras com e sem espinhos. As distâncias estabelecidas a partir do tronco da invasora eram de 0,5 em 0,5 m até distarem 2,0 m.

A Tabela 3 mostra que quanto mais próximo do caule da invasora, maior era a quantidade de forragem amostrada. Isso nos revela que havia um impedimento ao consumo desta forragem pelo animal imposto pela daninha, que era maior ainda quando esta possuía espinhos.

**Tabela 3.** Efeito da presença de Leiteiro (*Peschiera fuchsiaefolia* (A.DC.) Miers) (sem espinho) e Unha de Vaca (*Bauhinia forticata* Link) (com espinho) na quantidade de colônião em relação à distância da planta invasora.

da invasora (m)	Leiteiro	Unha de Vaca
0 - 0,5	4.624,6	7.314,1
0,5 - 1,0	3.732,0	3.439,5
1,0 - 1,5	1.815,2	3.180,3
1,5 - 2,0	1.765,7	2.305,1

Adaptado de Corsi et al.(2005)

Outro efeito prejudicial da presença das invasoras em pastagens, que é pouco estudado, é o de superpastejo entre as moitas das invasoras, uma vez que pastejo é dificultado pela presença da invasora. Como demonstraram Yabuta et al. (2003) (citados por Corsi et al., 2005), a invasora impede o acesso do pastejo nas proximidades das moitas de plantas daninhas e, conseqüentemente, provoca maior pressão de pastejo entre plantas invasoras, o que reduz a competitividade da planta forrageira e facilita a expansão da daninha. Entre moitas de invasoras ocorre o trânsito de animais e a compactação do solo, como mostra trabalho de Silva et al. (2003) e Lima et al. (2004), onde neste caso as touceiras de capim Tanzânia teriam efeito análogo ao das daninhas. Lima et al (2004) citam que a pressão exercida por animais em pastejo pode estar relacionada com a energia cinética transferida ao solo quando estes estão em movimento, sendo esta relacionada com o peso do animal e a velocidade com que este se movimenta. Nie et al (2001) mostra que a compactação de animais em movimento pode ser o dobro da obtida pela força estática que estes aplicam ao solo.

Bertol et al (2000) comentam que, avaliando quatro ofertas de forragem (4, 8, 12 e 16%), o tratamento com menor oferta proporcionou maior adensamento ao solo e uniformidade do pisoteio na área em relação às outras ofertas.

Silva et al. (2003) relataram que a resistência do solo à penetração foi maior em maiores intensidade de pastejo, caracterizadas por resíduos de 1000 kg de MSV/ha, em relação à intensidades média e baixa, com resíduos pós pastejo de 2500 e 4000 kg MSV/ha respectivamente (Tabela 4).

**Tabela 4.** Resistência do solo à penetração (MPa) em três intensidades de pastejo em capim Tanzânia.

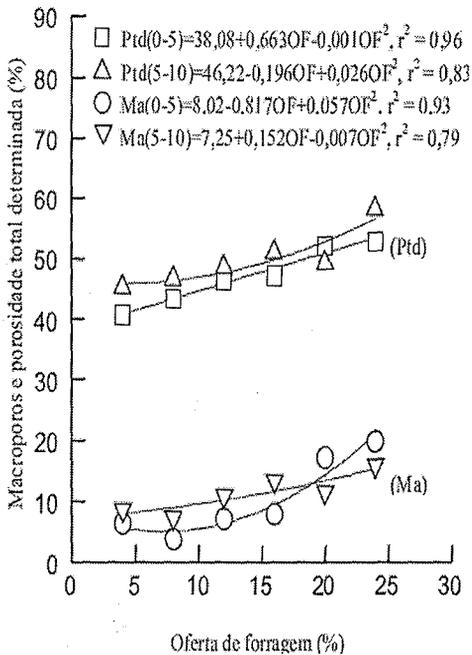
Intensidade de pastejo	Resistência do solo à penetração (MPa)
Baixa	5,6 a
Média	3,5 b
Alta	3,4 b

Fonte: Silva et al. (2003)

A menor infiltração de água como consequência da compactação do solo prejudicaria a planta forrageira e facilitaria o crescimento e dominância da invasora. Avaliando quatro ofertas de forragem (4, 8, 12 e 16%, equivalentes à 1200, 1616, 1731 e 2.436 kg MS/ha/dia, respectivamente) Bertol et al. (2000) indicaram que a porosidade total do solo, bem como a macroporosidade, aumentou à medida em que a oferta de forragem aumentava (Figura 2). A alteração da macroporosidade influencia a taxa de infiltração de água no solo uma vez que esta é afetada pela quantidade de macroporos e a estabilidade destes (Bertol et al., 2006). Assim a diminuição da quantidade de macroporos causada pelo pisoteio de animais em determinadas

áreas pode limitar a quantidade de água disponível ao desenvolvimento da planta forrageira.

**Figura 2.** Relação da oferta de forragem (OF) com a macroporosidade (Ma) e com a porosidade total determinada (Ptd) em duas profundidades de um Cambissolo álicosubmetido a pastejo com capim elefante anão cv. Mott.



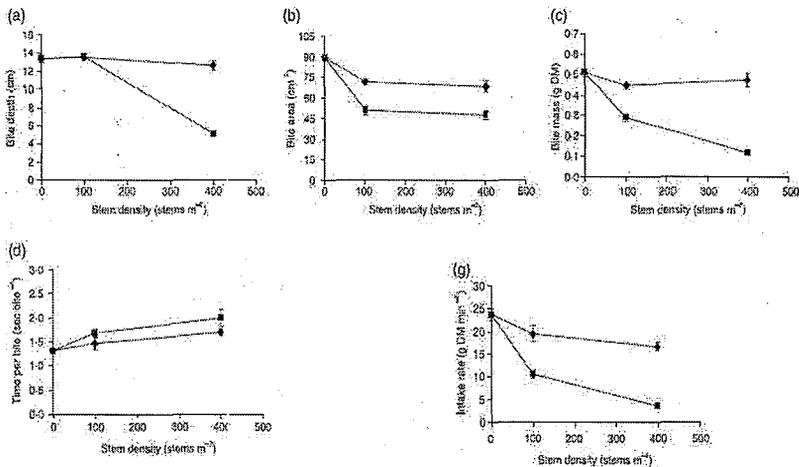
Fonte: Bertol et al. (2000)

A compactação do solo pode ser influenciada pela intensidade de pastejo e permite inferir que áreas superpastejadas, como é o caso de locais entre moitas de daninhas, podem ter maior grau de compactação e menor infiltração de água, favorecendo as daninhas.

A presença da planta daninha pode ocasionar o subpastejo de determinadas áreas, resultando no acúmulo de hastes em pas-

tagens. Este acúmulo resulta em preterimento da forragem pelo animal em pastejo, uma vez este mostra preferência por folhas em relação a hastes (L'Huiller et al., 1986; O'Reagain e Mentis, 1989). Estudo de Benvenuti et al. (2006) mostra que a presença de hastes no dossel da planta forrageira é suficiente para que os animais reduzam o consumo através de áreas de bocados menores (Figura 3).

**Figura 3.** Efeito da densidade e da resistência de hastes na (a) profundidade do bocado, (b) área do bocado, (c) massa do bocado, (d) tempo por bocado e (g) taxa de consumo instantânea (por minuto) de animais pastejando pastagens artificiais. ? Baixa resistência ao cisalhamento das hastes; | Alta resistência ao cisalhamento das hastes.



Fonte: Benvenuti et al. (2006)

Na Figura 2 Benvenuti et al. (2006) mostram que a presença de hastes na pastagem é suficiente para que a massa e a área do bocado sejam diminuídos, uma vez que de 0 hastes/m<sup>2</sup> para 100 hastes/m<sup>2</sup> houve redução nesses parâmetros. Esse efei-

to negativo da presença da haste independe da quantidade de hastes no dossel, isto é, a correlação entre as proporções haste:folha não refletem o prejuízo da invasora no consumo da forragem. Para termos noção de quantas hastes temos em média em pastagens, a Tabela 5 ilustra a quantidade de perfilhos obtida em 6 ciclos de pastejo de capim Tanzânia manejado sob três intensidades de pastejo (1000, 2500 e 4000 kg MSV/ha de resíduo pós pastejo).

**Tabela 5.** Quantidade de perfilhos de capim Tanzânia manejado sob três intensidade de pastejo.

ciclo de pastejo	número de perfilhos (perfilhos/m <sup>2</sup> )
1	619 a
2	457 b
3	430 b
4	452 b
5	450 b
6	448 b

Fonte: Santos (2002)

Os animais escolhem locais a serem pastejados pelas características de abundância e qualidade de forragem (Senft; Rittenhouse; Woodmanse, 1985). Santos et al. (2002), trabalhando com bovinos em pastagens nativas no Pantanal, concluíram que os animais escolheram locais em função da presença de espécies e plantas preferidas que apresentassem maior teor de proteína bruta e teor mais baixo de fibra em detergente neutro.

Carvalho et al. (2001a) citam que animais têm preferência por pastejo em locais onde as plantas apresentam maior altura, porque essas refletem maiores profundidades de bocado pelo animal, o que determina maior massa de forragem por bocado.

Porém esta otimização pode ser prejudicada a partir do momento em que maiores alturas podem proporcionar forragens de baixa qualidade, devido ao aumento de tecidos lignificados como hastes. Animais levam em conta a relação entre massa de forragem e qualidade no momento de escolha do local de pastejo (Prache e Peyraud, 2001).

Carvalho et al. (2001b) avaliando a limitação de consumo proporcionada por maiores alturas do dossel, mostraram que a taxa de ingestão de forragem diminuiu em pastagens de capim tanzânia com altura de 60 cm como consequência do aumento de tempo para manipulação das folhas apreendidas pelos animais antes que ocorresse a deglutição. Mostrando que não somente a qualidade da forragem pode ser um entrave à eficiência de pastejo, podendo o tempo despendido pelos animais diminuir a taxa de consumo da forragem, indicando que a compensação em aumento de tempo de pastejo nem sempre é realizada (Carvalho et al., 2001a).

De acordo com Stuth (1991) os locais de pastejo preferidos pelos animais apresentam maiores quantidades de folhas e menores alturas, enquanto que os locais preteridos são mais altos e possuem maiores quantidades de material morto. Os dados apresentados por Goulart et al. (2007b) corroboram esta informação, uma vez que áreas de menor altura da pastagem, variando esta de 36,8 a 75,5 cm, foram mais pastejadas do que as que apresentavam 1,5 m de altura.

Goulart et al. (2007b) mostram que áreas infestadas por plantas daninhas foram menos pastejadas em estudo feito na Estação Experimental Hildegard Georgina von Pritzelwitz, em Londrina (PR). Levantamento feito neste mesmo local mostrou que o nível de infestação de 22% das pastagens resultava em perdas no sistema de exploração significativas devido à subutilização e à

menor produção da forragem, resultante da competição por luz, nutrientes e água com as invasoras. Este levantamento mostra que o controle de plantas daninhas proporcionou a associação de técnicas que maximizaram o manejo das pastagens, possibilitando incremento médio de 0,8 cabeça/ha na Fazenda Figueira (Corsi et al., 2005).

### **Efeitos do controle na produção da pastagem**

O controle de plantas daninhas é técnica imprescindível no processo de intensificação da exploração de sistemas à pasto. Porém para que o controle seja efetivo, ou continue sendo efetivo, a associação de técnicas que maximizem a produção da planta forrageira deve ser adotada.

Os métodos de controle podem ser divididos em categorias: mecânico, queima, biológico, cultural, químico (Victoria Filho, 1986) e a integração entre esses processos. O manejo da pastagem é considerado importante método de controle cultural (Moraes, 1993; De Faria, 1994). Práticas que melhorem o manejo do pastejo, como divisão das pastagens e adequações na fertilidade do solo, podem funcionar de forma efetiva no controle integrado de plantas invasoras.

Dobashi et al (2001a) compararam o efeito de três métodos de controle de invasoras e da adubação na recuperação de *Brachiaria decumbens*, em dois ciclos de produção. A adubação apresentou efeito positivo na produção da forragem. A resposta das plantas devido à adubação foi superior independentemente do método de controle aplicado (Tabela 6). O controle de plantas daninhas é necessário para melhorar a distribuição dos fertilizantes nas pastagens, contribuindo com a elevação de produção da forragem na área, melhorando a resposta da forragem à adubação.

**Tabela 6.** Produção de matéria seca (kg/ha) acumulada em dois ciclos de pastejo em diferentes estratégias de controle de plantas daninhas, acompanhadas ou não de adubação.

	Roadora	Tordon 3%	Rolo Faca	Testemunha	Média
Adubado	6573	6834	5100	6474	6245 A
Não adubado	3350	3675	2737	3447	3378 B
Média	4962 a	5255 a	3919 b	5111 a	4812

Médias seguidas das mesmas letras, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Fonte: Dobashi et al. (2001a)

Neste estudo a adubação indicou efeito residual no crescimento da forrageira no segundo ciclo de pastejo possibilitando melhores condições de competição da forrageira, inibindo o desenvolvimento da invasora (Tabela 7).

A partir do momento em que estratégias de intensificação de produção da pastagem são adotadas, a interferência de plantas daninhas passa a ter maior importância, como demonstraram Dobashi et al. (2001b). Estes pesquisadores avaliaram o efeito da taxa de infestação da invasora caboatá (*Cupania vernalis* Camb.) na recuperação de *Brachiaria decumbens*, onde alta infestação referia-se à 6 plantas de caboatá/m<sup>2</sup> e 49% de cobertura da área por daninhas, média infestação à 2 plantas/m<sup>2</sup> e 36% de cobertura da área, baixa infestação à 0,6 planta/m<sup>2</sup> e 13,5% de cobertura da área e na testemunha a invasora caboatá foi controlada.

As produções de matéria seca foram menores para os tratamentos de alta e média infestação em relação à baixa infestação e testemunha durante o ciclo 1 de pastejo. Já no ciclo 2 não ocorreu diferença entre os tratamentos em áreas não adubadas, mostrando que as daninhas não exerciam limitação à produção da

**Tabela 7.** Produção de matéria seca (kg/ha) em dois ciclos de pastejo e no total em função da taxa de infestação de invasoras e da adubação

Tratamentos	Nível de infestação de camboatá				Média	
	Alto	Médio	Baixo	Testemunha		
adubado	2257	2105	2920	3027	2577 a	
não adubado	1343	1326	1863	1537	1517 b	
Ciclo 1	média	1800 B	1715 B	2391 A	2282 A	2047
adubado	1423 Ca	1779 BCa	2145 Ba	3092 Aa	2110	
não adubado	1061 Aa	1540 Aa	1645 Aa	1709 Ab	1489	
Ciclo 2	média	1242	1659	1895	2401	1799
adubado	3680 Ca	3884 Ca	5066 Ba	6119 Aa	4687	
não adubado	2405 Bb	2867 ABb	3509 Ab	3246 Ab	3006	
Total	média	3042	3375	4287	4683	3847

Médias seguidas das mesmas letras, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Fonte: Dobashi et al. (2001b)

ferrageira, indicando forte limitação do nível de fertilidade ao desenvolvimento dessa planta. Entretanto, quando a adubação foi adotada, o nível de infestação passou a ser importante na produção da ferrageira, uma vez que a produção foi reduzida em cerca de 40% quando a infestação foi elevada e 36,5% quando a infestação era baixa, em relação à produção da testemunha.

Dobashi et al. (2001b) apontaram que a adubação aumentou em 88,5% a produção de matéria seca na ausência de plantas daninhas durante o ciclo 2. Por outro lado quando a infestação era baixa, a presença da invasora reduziu a produção da planta ferrageira em 44,4%. Esta avaliação sugere que os resultados econômicos do controle de invasoras são mais evidentes em condições de melhor produtividade das pastagens.

Outro estudo também realizado na Estação Experimental Hildegard Georgina von Pritzelwitz, em Londrina (PR) por Andreucci et al. (dados não publicados), também avaliou o efeito da adubação e do controle de plantas daninhas, com herbicida e

roçada, em pastagens de capim colônião. Observou-se que o controle da planta daninha passou a se mostrar efetivo na produção da forragem quando a adubação foi incluída, como mostrado na Tabela 8, corroborando os dados apresentados por Dobashi et al. (2001b).

**Tabela 8.** Produção de capim colônião (kg MV/ha) de acordo com diferentes métodos de controle de daninhas

TRATAMENTO	PRODUÇÃO (Kg MV/ha)					MÉDIAS
	Dez-01	Fev-02	Abr-02	Jan-03	Fev-03	
ROÇADA / HERBICIDA	4187,5 a	5583,3 ab	6416,6 ab	5766,6 a	7020,8 a	5794,96
ADUBAÇÃO	4750 a	7750 ab	9166,6 b	7375 ab	8833,3 ab	7574,98
HERB + ADUB	3750a	6125 b	7916,6 b	9125 b	10375 b	7458,32
TESTEMUNHA	3833,3 a	5058,3 a	5375 a	6500 a	7541,6 a	5661,64

Fonte: Andreucci et al. (dados não publicados)

Esses resultados demonstram que o controle de daninhas em pastagens não deve ser negligenciado quando investimentos na maximização da produção de plantas forrageiras são realizados. Para maior efetividade do controle integrado das plantas invasoras é necessário promover, constantemente, a recuperação vigorosa da planta forrageira após cada pastejo. Isto deve incluir manejo do pastejo, controle da fertilidade do solo e redução de fatores bióticos (cigarrinhas, lagartas, formigas, etc) no sistema produtivo.

## Conclusões

O processo de controle de plantas daninhas em pastagens deve fazer parte do programa que visa a melhoria das condições básicas que proporcionam a maximização de produção da planta forrageira, como adubação e adequação do manejo da pastagem. Estas condições conferem melhor capacidade de competição à forrageira, podendo impedir a reinfestação das invasoras resultando em menores gastos com novos controles.

A presença de invasoras proporciona condições de redução na produtividade das pastagens devido a efeitos que estão relacionados ao consumo pelo animal (alteração na estrutura do dossel), à produção de forragem (competição por água, luz, nutrientes e compactação entre moitas de invasoras), à eficiência de pastejo (acesso à planta forrageira e redução na qualidade), ao impedindo da aplicação de insumos de forma homogênea na área (calcário, fertilizantes, controle de pragas através de mecanização) e toxicidade, entre outros.

### Referências bibliográficas

ALMEIDA, R.G; SLAVIK, I.R.; ZAMINHAM, A.M; HASHINOKUTI, T.R. Efeito do sombreamento sobre características quantitativas e qualitativas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em monocultivo e em consórcio com *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 44. Anais... Jaboticabal, 2007.

BENVENUTTI, M.A.; GORDON, I.J.; POPPI, D.P. The effect of the density and physical properties of grass stems on the foraging behaviour and instantaneous intake rate by cattle grazing an artificial reproductive tropical sward. *Grass and Forage Science*, 61, 2006.

BERTOL, I.; ALMEIDA, J.A.; ALMEIDA, E.X.; KURTZ, C. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem de capim elefante anão cv. Mott. *Pesq. Agrop. Bras.*, v.35, n.5, maio 2000.

BRISKE, D.D.; HEITSCHMIDT, R.K. An ecological perspective. In: Heitschmidt, R.K.; Stuth, J.W. *Grazing management: an ecological perspective*. Oregon, 1991.

CARVALHO, P.C.F. A estrutura da pastagem e o comportamento ingestivo de ruminantes em pastejo. In: Jobim, C.C; Santos, G.T.;

Cecato, U. Simpósio sobre Avaliação de Pastagens com Animais. Maringá, 1997.

CARVALHO, P.C.F.; RIBEIRO FILHO, H.M.N.; POLI, C.H.E.C.; MORAES, A.; DELAGARDE, R. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia. A produção animal na visão dos brasileiros. Anais... Piracicaba, 2001a.

CARVALHO, P.C.F.; MARÇAL, G.K.; RIBEIRO FILHO, H.M.N.; POLI, C.H.E.C.; TRINDADE, J.K., OLIVEIRA, J.O.R.; NABINGER, C.; MORAES, A. Pastagens altas podem limitar o consumo de animais. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 38. Anais... Piracicaba, 2001b.

CARVALHO, P.C.F.; CANTO, M.W.; MORAES, A. Fontes de perdas em forragem sob pastejo: a forragem se perde? In: Pereira, O.G. et al. Manejo estratégico da pastagem. Viçosa, v. 1, 2004.

CARVALHO, P.C.F. O manejo da pastagem como gerador de ambientes pastoris adequados à produção animal. In: Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 22. Teoria e prática da produção animal em pastagens; anais. Piracicaba, 2005.

CORSI, M.; GONÇALVES, J.R.S.; LIMA, L.G. Resultados: Recuperação das pastagens da Fazenda Figueira em Londrina, PR. Pasto Livre Informativo. Boletim Pecuário bimestral distribuído pela Dow Agroscience. Ano4, Ed.18, Junho, 2005.

DE CASTRO, C.R.T.; CARVALHO, M.M., GARCIA, R. Produção de forragem de capins do gênero Panicum e modelagem de respostas produtivas e morfofisiológicas em função de variáveis climáticas. In : Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 34. Anais... Juiz de Fora, 1997.

DE FARIA, V.P. Evolução no uso de capim elefante: uma visão histórica. In: Manejo do Capim Elefante, Piracicaba, Anais... FEALQ, Piracicaba, 1994.

DOBASHI, H.F.; PENATI, M.A.; CORSI, M.; PIEDADE, S.M.D.S. Avaliação de três métodos de controle de planats daninhas e da adubação sobre a recuperação de pastagens de *Brachiaria decumbens*. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 38. Anais...Piracicaba, 2001a.

DOBASHI, H.F.; PENATI, M.A.; CORSI, M.; PIEDADE, S.M.D.S. Efeito da taxa de infestação de camboatá (*Cupania vernalis* Camb.) no processo de recuperação de pastagens de *Brachiaria decumbens* no município d Ribas do Rio Pardo, MS. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 38. Anais...Piracicaba, 2001b.

GARCEZ NETO, A.F.; GARCIA, R.; MOOT, D.; GOBBI, K.F. Características do perfilhamento de plantas forrageiras de clima temperado sob diferentes níveis de sombreamento. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 44. Anais... Jaboticabal, 2007a.

GARCEZ NETO, A.F.; GARCIA, R.; MOOT, D.; GOBBI, K.F. Tolerância e produtividade de espécies forrageiras de clima temperado sob sombreamento. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 44. Anais... Jaboticabal, 2007b.

GOBBI, K.F.; GARCIA, R.; GARCEZ NETO, A.F.; PEREIRA, A.G.; ROCHA, G.C. Valor nutritivo do *Arachis pintoi* cv. Amarillo submetido ao sombreamento. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 44. Anais... Jaboticabal, 2007a.

GOBBI, K.F.; GARCIA, R.; GARCEZ NETO, A.F.; PEREIRA, A.G.; ROCHA, G.C. Valor nutritivo da *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk submetida ao sombreamento. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 44. Anais... Jaboticabal, 2007b.

GOULART, R.C.D.; CORSI, M.; FRANCO, F.M.J.; SANTOS, M.C.; ARAUJO, E.C.Q.; ALMEIDA, P.C. Plantas daninhas influenciando a morfologia de plantas de colônia *Panicum maximum*. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 44. Anais... Jaboticabal, 2007a.

GOULART, R.C.D.; CORSI, M.; FRANCO, F.M.J.; ZOOCHI, S.S.; COSTA, D.F.A. Preferência de bovinos por locais da pastagem. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 44. Anais... Jaboticabal, 2007b.

HEIN, D.G.; MILLER, S.D. Influence of leafy spurge on forage utilization by cattle. *Journal of Range Management*, v.45, n.4, 1992.

KEITH OWENS, M.; LAUNCHBAUGH, K.L.; HOLLOWAY, J.W. Pasture characteristics affecting spatial distribution of utilization by cattle in mixed brushes. *Journal of Range Management*, Denver, v. 44, p. 118-123, 1991.

KEPHART, K.D.; BUXTON, D.R. Forage quality response of C3 and C4 perennial grasses to shade. *Crop Science*, v.33, 1993.

L'HUILLER, P.J.; POPPI, D.P.; FRASER, T.J. Influence of structure and composition of ryegrass and prairie grass-white clover swards on the grazed horizon and diet harvest by sheep. *Grass and Forage Science*, v.41, 1986.

LIMA, C.L.R.; SILVA, A.P.; IMHOFF, S.; LEÃO, T.P. Compressibilidade de um solo sob sistemas de pastejo rotacionado intensivo irrigado e não irrigado. *R. Bras. Ciência do Solo*, 28. 2004.

LIN, C.H.; MCGRAW, R.L.; GEORGE, M.F.; GARRET, H.E. Shade effects on forage crops with potential in temperate agroforestry practices. *Agroforestry Systems*, v.44, 1999.

LIN, C.H.; MCGRAW, R.L.; GEORGE, M.F.; GARRET, H.E. Nutritive quality and morphological development under partial

shade of some forage species with agroforestry potential. *Agroforestry Systems*, v.53, 2001.

LOGAN, B.A.; DEMIMIG-ADAMS, B.; ADAMS, W.W.; GRACE, S.C. Antioxidants and xanthophyll cycle-dependent energy dissipation in *Cucurbita pepo* L. and *Vinca major* L. acclimated to four growth PPFs in the field. *Journal of Exp. Botany*, 49, 1998.

MORAES, G. A moderna agropecuária: o drama de sua evolução. Porto Alegre, 1993.

NIE, Z.N.; WARD, G.N.; MICHAEL, A.T. Impact of pugging by dairy cows on pastures and indicators of pugging damage to pasture soil in south-western Victoria. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.52, 2001.

O'REAGAN, P.J.; MENTIS, M.T. The effect of plant structure on the acceptability of different grass species to cattle. *Journal of Grassland Society of South Africa*, v.6, 1989.

PITELLI, R.A. Ecologia de plantas invasoras em pastagens. In: *Simpósio sobre Manejo da Pastagem*, 23. Anais... Piracicaba, 2006.

PRACHE, S.; PEYRAUD, J. Foraging behaviour and intake in temperate cultivated grasslands. In: *International Grassland Congress*, 19. Proceedings... São Pedro, 2001.

Campos et al., 2002

SANTOS, P.M. Controle do desenvolvimento das hastes no capim Tanzânia: um desafio. Tese de doutorado apresentada a Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. 2002.

SARTOR, L.R.; SOARES, A.S.; ADAMI, P.F.; et al. Variação microclimática em ambiente com diferentes níveis de sombreamento. In: *Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 44. Anais... Jaboticabal, 2007a.

SARTOR, L.R.; SOARES, A.B.; ADAMI, P.F.; et al. Comparação de produção de forragem de duas leguminosas de clima temperado sob três níveis de sombreamento. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 44. Anais... Jaboticabal, 2007b.

SENF, R.; RITTENHOUSE L.R.; WOODMANSEE, R.G. Factors influencing patterns of cattle grazing behavior on shortgrass steppe. **Journal of Range Management**, Denver, v. 38, p.82-87, 1985.

SILVA, A.P.; IMHOFF, S.; CORSI, M. Evaluation of soil compaction in an irrigated short-duration grazing system. *Soil & Tillage Research*, 70. 2003.

SMITH, A.E.; MARTIN, L.D. Weed management systems for pasture and hay crops. In: Smith, A.E. Handbook of weed management systems. New York, 1995.

STUTH, J.W. Foraging behaviour. In: Heitschmidt, R.K.; Stuth, J.W. Grazing management: An ecological perspective. Oregon, 1991.

VALENTINE, I.; MATTHEW, C. Plant growth, development and yield. In: White, J.; Hodgson, J. New Zealand Pasture and Crop Science. Auckland, 2000.

VERAS, V.S.; OLIVEIRA, M.E.; LACERDA, M.S.B.; et al. Produção e porcentagem de folhas em pasto do capim-andropogon (*Andropogon gayanus* Kunth) em sistema silvipastoril e monocultura. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 44. Anais... Jaboticabal, 2007.

VICTÓRIA FILHO, R. Controle de plantas daninhas em pastagens. In: Pastagens na Amazônia. FEALQ, Piracicaba, 1986.

VICTÓRIA FILHO, R. Controle do capim braquiária (*Brachiaria decumbens*). In: Encontro para discussão sobre capins do gênero braquiária. Nova Odessa, Resumos, 1991.

## **VIII- New Approaches in Weed Science in the United States**

*Dr. Philip Westra*

Professor of Weed Science, Colorado State University, Fort Collins, Colorado,  
USA

Big changes are on the horizon for American agriculture, and American crop producers will need to adjust to new and exciting approaches to weed management both in crops and in non-crop areas to remain competitive in a global economy. Issues such as climate change, global warming, drought cycles, limited irrigation water supplies, new plant diseases, and at times flooding all impact crop producers in new and challenging ways. Competition in a global economy will force American farmers to be ever more efficient and to embrace new technologies to improve their competitive advantage.

As glyphosate-resistant crops quickly dominated the American crop production systems, some people speculated that there was little incentive for chemical companies to develop new herbicides. This attitude has changed now that glyphosate-resistant weeds such as marestail and Palmer amaranth have spread and dictated that new weed management approaches be used in glyphosate-resistant crops.

Use of pre plant incorporated (PPI) herbicides has largely disappeared from American agriculture as more and more growers have adopted reduced till or no-till crop production systems. Some of these products, such as EPTAM are still used where irrigation water can be used to incorporate the herbicide. Although some of these products are now inexpensive to buy, the complications necessary to optimize their performance is unattractive to many farmers. Some companies have expended considerable research to develop new formulations of these herbicides. One example

of such a new formulation is Prowl H<sub>2</sub>O which is much less susceptible to herbicide loss through volatilization.

For several years after the rapid adoption of glyphosate resistant crops such as soybeans, cotton, canola, and corn, crop producers moved aggressively to strictly post-emergence weed control programs based largely on 1, 2, or 3 post emergent applications of glyphosate. Many growers abandoned the use of soil applied pre-emergent herbicides in the mistaken belief that a strictly post emerge weed control program would be both cost effective and sustainable. In some cases, other post emergent herbicides were added to the glyphosate to help control specific weeds.

Many crop producers had good success with this post-emergent strategy for 3-5 years, but by year 6 or 7, glyphosate resistant weeds such as marehail, ryegrass, Palmer amaranth, waterhemp, and common ragweed, and common lambsquarter emerged as aggressive weed problems that had to be dealt with. Some of these glyphosate resistant weeds spread very rapidly through soybean and cotton production regions of the United States, prompting much new research on how to control such weeds in Roundup Ready crops. These glyphosate resistant weeds have become the focus of many new weed science research projects in the United States. Large-scale weed shift studies are under way across the corn, soybean, and cotton belts to attempt to understand weed population dynamics in Roundup Ready crops. These glyphosate resistant weeds pose a very real threat to the continued success of the Roundup Ready crop revolution that has swept across the United States.

In an attempt to deal with these glyphosate resistant weeds, producers are returning to the partial use of older, soil applied herbicides such as metolachlor, acetochlor, or dimethenamid to provide an additional herbicide mode of action for weed control.

Use of these products or conventional post emergence herbicides at reduced rates has produced new markets for herbicides once deemed unnecessary in modern agriculture.

A major dynamic change in American weed control is the ever growing list of herbicides that are now off patent. Once an herbicide is off patent, generic herbicide companies often enter the market with cheaper versions of established herbicides. Many of these generic herbicides are produced in foreign countries, and may or may not be of the same quality as products produced by major chemical companies. In many cases, growers can save considerable money by using generic herbicides, but when they experience problems with these products, the generic companies may offer no service or reimbursement of the product cost.

Although herbicide resistant crops have reduced the value of the herbicide market by 50% over the past 10 years, some of this lost revenue has been recaptured in genetic trait fees paid for crop seeds. This huge reduction in the value of the herbicide market has led to company consolidations, and the elimination of herbicide discovery programs by many companies. As a result, there have been relatively few new or novel herbicides brought out for research to universities or private contractors. In 2007, this trend appears to be slowly reversing with some new herbicides being evaluated for potential use in several crops. Any new herbicides, however, will likely need to compete in a glyphosate dominated market.

The biggest recent change in American agriculture is the powerful influence of political decisions to encourage ethanol production from corn or other grains in the hope of reducing America's dependence on foreign oil. This has led to a huge increase in the value of corn, and the increasing temptation to use marginal land for corn production. Agricultural land prices have begun to rapidly

rise, and the cost of animal product production (beef, pork, milk, etc.) has risen rapidly in response to new biofuel competition for corn and other feed grains. Such huge changes to American agriculture have been rapid, profound, and may take years to play out in agricultural markets.

Finally, issues such as carbon farming (carbon sequestration through crop production), limited irrigation water supplies, drought and heat tolerant biotechnology research, and the development of new and novel food crops will have a huge impact on American agriculture over the next 20 years.

## **IX- Estudo do Comportamento de Herbicidas em Solos**

*Maria Olímpia de Oliveira Rezende*

Ph.D. Professora do Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo - USP

*O solo é aceito tacitamente como um substrato sempre presente, desempenhando gratuitamente suas funções. Mas o solo, além de sustentar fisicamente as plantas, é intermediário no fornecimento de água e oxigênio e nutrientes a elas através de suas raízes. A dinâmica existente no solo provém vida a milhões de criaturas que ali passam grande parte de sua existência, se não toda, e tudo que lhes é necessário à sobrevivência lhes é fornecido por esse suporte. Além do movimento de compostos inorgânicos e orgânicos que ocorre ininterruptamente.*

### **Solo e ambiente**

A exploração agrícola proporcionou significativas modificações no fluxo de nutrientes e de energia dos ciclos naturais para o benefício, em geral, de uma única espécie. O aumento da população levou à maior demanda por alimentos e fibras, alterando a velocidade com que os nutrientes passam pelos ciclos naturais, levando a uma demora na devolução desses nutrientes ao reservatório de onde foram removidos, causando desequilíbrio entre o que é necessário repor e o que é repostado.

O solo tem um papel de fundamental importância nos ciclos da natureza, participando, direta ou indiretamente, da maioria das atividades que ocorrem no planeta. Além de ser o principal substrato para a agricultura, o solo também é suporte para estradas e para construções civis, sendo muitas vezes utilizado

indevidamente como depósito de resíduos. É nos solos que se realiza a maior parte dos processos de reciclagem de nutrientes dos quais o planeta depende para manter-se vivo. Por tudo isso, o solo é um recurso natural que deve ser conservado para que os serviços que ora presta à sociedade sejam sustentáveis para as próximas gerações.

A biodiversidade existente nos solos regula os processos biogeoquímicos formadores e mantenedores dos ecossistemas. Dentre esses processos, incluem-se: a formação e estruturação dos próprios solos, a decomposição da matéria orgânica, a reciclagem de nutrientes e a formação dos gases componentes da atmosfera terrestre.

Algumas das características e funções importantes do solo resultantes da interação de sua biodiversidade com seus componentes químicos e físicos são: gênese, estrutura, conteúdo e tipo da matéria orgânica (MO), capacidade de retenção, estoque e reciclagem de nutrientes e biodegradação de xenobióticos.

O termo MO do solo é usado para designar os constituintes orgânicos do solo, incluindo aqueles provenientes da decomposição de vegetais e animais, seus produtos de decomposição parcial e a biomassa do solo. Nesse termo incluem-se os materiais de alta massa molar, como polissacarídeos e proteínas, substâncias comparativamente mais simples, como os açúcares, aminoácidos e outras substâncias de menor massa molar, e as substâncias húmicas.

Apesar de se encontrar em reduzida quantidade, a MO tem influência em quase todas as propriedades do solo, atuando de maneira marcante no crescimento dos vegetais.

### **O ciclo da matéria orgânica do solo**

Sendo a Terra um sistema dinâmico, em evolução, o movimento e a estocagem de seus materiais afetam todos os processos físicos, químicos e biológicos. A MO do solo rege vários processos pedogenéticos e interfere nos processos geoquímicos e nas propriedades físico-químicas dos solos. Em condições naturais há um equilíbrio entre o solo e a vegetação e os animais que fornecem os resíduos orgânicos.

As plantas produzem matéria orgânica e são consumidas como alimento pelos consumidores primários. Estes são alimento para os consumidores secundários, e assim por diante na cadeia alimentar. Todos os seres vivos produzem resíduos sólidos e/ou líquidos enquanto vivem. Os organismos decompositores aproveitam energia desses resíduos e dos seres que morrem, graças à decomposição dos últimos, devolvendo para o ambiente os minerais, a água e o gás carbônico que novas plantas irão utilizar para fabricar mais matéria orgânica, ou seja, é um processo contínuo no qual a morte nutre a vida.

○ equilíbrio de carbono na Terra é função da interação que existe entre os três reservatórios desse elemento: o oceano, com  $\approx 39000 \times 10^{15}$  g; a atmosfera, com  $\approx 750 \times 10^{15}$  g, e o sistema terrestre, com  $\approx 22000 \times 10^{15}$  g. Esses reservatórios estão em equilíbrio dinâmico, cada um interagindo e trocando matéria e energia com o outro.

○ aumento do efeito estufa e a diminuição da camada de ozônio têm levado à reflexão sobre a quantidade, qualidade, distribuição e comportamento do C nos diferentes ecossistemas e à avaliação do impacto sobre a mudança potencial no clima global e sua contribuição no tocante à agricultura. Uma importante conclusão desses estudos poderá ser a definição de procedimentos que resultem no alívio dos efeitos nas mudanças climáticas globais, que têm uma relação direta com a agricultura e, mais especificamente, com a matéria orgânica presente no solo.

O balanço de C no ecossistema terrestre pode ser mudado, marcadamente, pelo direcionamento do impacto das atividades humanas – incluindo destruição das florestas, queimada de biomassa, mudança do uso e manejo do solo e poluição do ambiente.

O aumento da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico deve-se à queima de combustíveis fósseis e, também, às práticas usadas na agricultura. Recentes estudos sugerem que o sequestro de C pelo solo é um possível meio de aliviar o aumento de CO<sub>2</sub> na atmosfera. No entanto, o que se tem observado é que os tipos de manejos de solo utilizados até o momento têm promovido a perda de C do solo para a atmosfera, colaborando, ainda mais, para o aumento de CO<sub>2</sub> naquele meio.

Tal quadro poderia ser revertido por meio de algumas alternativas, como a abolição do uso de queimadas e o uso de fertilizantes verdes (plantio de leguminosas, por exemplo) e orgânicos, como fontes de reposição de MO. Além disso, poder-se-ia estar devolvendo ao solo parte do C que lhe foi tirado.

A MO é um indicativo da qualidade do solo, por ser provedora de nutrientes, e proporcionar condições de mudanças estruturais no solo, além de promover e sustentar a atividade biológica. No conceito de MO do solo deve-se considerar o grau de humificação, os compostos biologicamente ativos, o teor de material compostado, os restos de plantas, e os organismos vivos e mortos. Este material é responsável pela sustentabilidade de muitos agrossistemas porque torna o solo resiliente e elástico.

A MO do solo é, portanto, o componente-chave de qualquer ecossistema terrestre, e qualquer variação na abundância e composição desta perfaz importantes efeitos na dinâmica que ocorre entre os sistemas de armazenamento de C. Na busca de

melhores condições para o cultivo do solo, a reposição da MO é um passo de extrema importância. Assim, várias técnicas têm sido aplicadas com tal intuito.

### **Substâncias húmicas do solo**

A matéria orgânica de solos, bem como de águas naturais, sedimentos, turfas e produtos de compostagem, incluindo o vermicomposto, é constituída basicamente de substâncias húmicas e substâncias não húmicas.

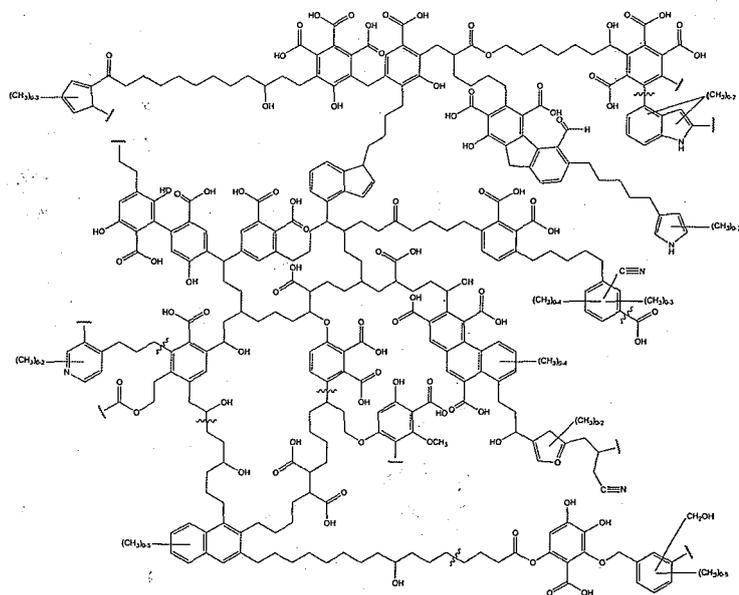
As substâncias não húmicas (proteínas, aminoácidos, carboidratos, ácidos orgânicos, entre outras) pertencem a grupos bem conhecidos e possuem características físicas e químicas bem definidas. Geralmente correspondem aos compostos mais facilmente degradados por microrganismos, tendo, normalmente, tempo mais curto de vida no ambiente. As substâncias húmicas, por sua vez, são macromoléculas ou estruturas supramoleculares, com massa molecular e estrutura variáveis. São produtos de degradação química e microbiológica de resíduos de animais e plantas.

As substâncias húmicas (SH) são constituídas de uma mistura heterogênea de compostos, em que cada fração (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e humina) deve ser considerada como sendo constituída de uma série de moléculas de tamanhos diferentes. A maioria delas não possui a mesma configuração estrutural ou grupos reativos na mesma posição. A divisão das SH em ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e humina é uma classificação operacional que leva em conta apenas o aspecto de solubilidade em solução aquosa e não as propriedades inerentes a essas substâncias.

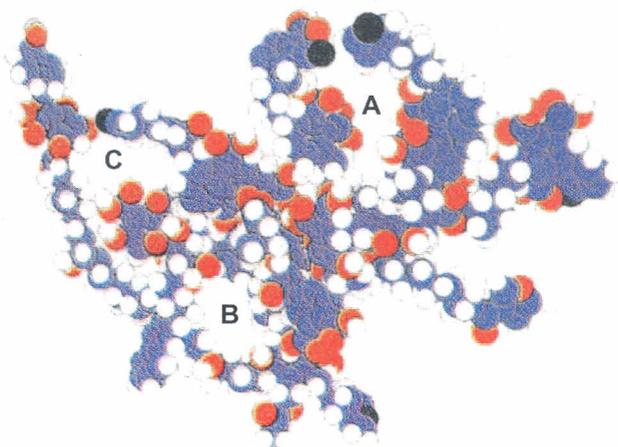
A variedade de materiais de origem e o grande número de caminhos reacionais possíveis para a formação do húmus são as

razões para as dificuldades na sugestão de uma estrutura precisa para os ácidos húmicos e fúlvicos. As SH variam em composição, dependendo da sua origem, do método de extração e de outros parâmetros. Entretanto, as similaridades entre diversas SH são mais pronunciadas que suas diferenças. São essas semelhanças que permitem a classificação das SH em categorias com base em sua solubilidade em meio aquoso.

Diversos modelos de estruturas para as SH foram sugeridos no decorrer do século XX. Schulten e Schnitzer, a partir de técnicas analíticas, tais como, pirólise, espectroscopia, degradação oxidativa e microscopia eletrônica, sugeriram a estrutura esquemática e macromolecular para os ácidos húmicos, mostrada na Figura 1. Sein *et al* sugeriram o modelo conformacional apresentado na Figura 2.



**Figura 1.** Modelo de estrutura de ácidos húmicos proposta por Schulten e Schnitzer.



**Figura 2.** Modelo de estrutura de ácido húmico em 3D proposta por Sein *et al.*

Átomos de carbono são apresentados em azul, hidrogênio em branco, nitrogênio em azul escuro e oxigênio em vermelho. As letras A, B e C indicam os espaços vazios presentes na estrutura.

Atualmente existe o modelo que considera a estrutura supramolecular das SH. Nesse modelo, as SH seriam formadas por moléculas relativamente pequenas, ligadas por ligações de hidrogênio e forças de Van der Waals.

A reatividade química das SH é devida, principalmente, a quatro características estruturais. Primeiro, polifuncionalidade. A presença de vários grupos funcionais, com reatividade diferente, representativos de uma mistura heterogênea de polímeros que interagem entre si. Segundo, carga macromolecular. O caráter aniônico do arranjo molecular, cujos efeitos refletem na reatividade dos grupos funcionais e na conformação molecular. Terceiro, hidrofiliçidade. Essa propriedade reflete-se na tendência que têm as SH de formarem ligações de hidrogênio com as moléculas da água do meio, solvatando, dessa maneira, grupos funcionais como

COOH e OH. Quarto, labilidade estrutural devido à capacidade de associações intermoleculares e de mudanças conformacionais em resposta a mudanças de pH, condições redox, concentração iônica e ligações químicas. Todas as propriedades citadas a respeito das SH são semelhantes a propriedades de outros biopolímeros, como proteínas e polissacarídeos. Contudo, no caso das SH essas propriedades refletem o comportamento de uma mistura heterogênea de moléculas interagindo entre si, ao invés do comportamento de um único tipo de macromolécula, estruturalmente bem definida.

## **A agricultura**

Há cerca de 8 mil anos, com o surgimento da agricultura, a população do planeta era cerca de 5 milhões de habitantes. Em 1850, chegou a 1 bilhão e, desde então, vem crescendo muito rapidamente, chegando a aproximadamente 6 bilhões de habitantes atualmente. O grande desafio de hoje é promover o desenvolvimento sustentado para uma população crescente, o que implica em aumento da produção de alimentos sem destruir os recursos naturais que permitem a manutenção das condições de vida no nosso planeta Terra.

Uma atividade é considerada sustentável quando tem a capacidade de se manter através do tempo. A natureza funciona em ciclos que garantem a sustentabilidade de todos os processos necessários à manutenção da vida, caso não ocorram alterações em seus ciclos biogeoquímicos.

No entanto, principalmente após a Revolução Industrial, o homem passou a provocar alterações nos equilíbrios estabelecidos durante toda a evolução do planeta, colocando em risco a sobrevivência de muitas espécies.

A agricultura brasileira lida com grandes problemas, como o da geração de passivos ambientais consideráveis: erosão do solo,

comprometimento das bacias hidrográficas e perda da biodiversidade são alguns exemplos. Isso porque está baseada em um modelo voltado para a exportação, pautado pelas exigências dos países importadores/industrializados. Outrossim, muitas vezes há de competir com países cuja agricultura é altamente subsidiada, o que compromete a competitividade dos produtos brasileiros que passa a ser condicionada pela aceitação de riscos ambientais, sociais e sobreexploração de recursos naturais.

O desmatamento e o manejo inadequado dos solos levam a sua degradação e facilitam processos de erosão. Uma das principais conseqüências da perda de solos é a necessidade cada vez maior de fertilizantes, que nem sempre conseguem nutrir adequadamente as plantas e as deixam suscetíveis a pragas. Daí o uso intenso de agrotóxicos em doses crescentes, que eliminam também os predadores naturais das pragas. As espécies que sobrevivem acabam se tornando extremamente resistentes, o que reduz progressivamente a eficiência dos defensivos.

### **Os pesticidas**

Os pesticidas, também conhecidos como agrotóxicos, defensivos agrícolas e agroquímicos, são compostos orgânicos ou inorgânicos utilizados para controlar ou erradicar, de maneira geralmente específica, as doenças e pragas de plantas e animais e os vetores transmissores de doenças no homem. Seu uso é principalmente agrícola, mas também é aplicado em ambientes domésticos, industriais ou urbanos.

Pode-se classificar os pesticidas em inseticidas, fungicidas, herbicidas, rodenticidas (raticidas), acaricidas e nematocidas, entre outros, se o seu raio de ação se estender, respectivamente, a insetos, fungos, ervas daninhas, roedores, ácaros ou vermes (nematóides).

As principais classes de pesticidas, agrupados de acordo com suas estruturas e características químicas, e alguns pesticidas, representantes de cada classe, estão listadas a seguir:

- **organoclorados:** DDT, aldrin, dieldrin, lindano ( $\gamma$ -BHC);
- **organofosforados:** paration, diazinon;
- **s-triazinas:** atrazina, propazina, simazina;
- **carbamatos:** carbofuran, carbaryl;
- **uréias substituídas:** diuron, monuron, linuron;
- **fenoxiácidos:** 2, 4-D, 2, 4, 5-T;
- **acetanilidas:** alaclor, propaclor;
- **sais de amônio:** paraquat, diquat;
- **piretróides:** deltametrina, permetrina, cipermetrina, cipotrim.

Dentre os pesticidas, os herbicidas foram aqueles que tiveram um aumento na produção bem mais acentuado nos últimos anos. O modo de ação dos herbicidas pode ser através do xilema da planta, após absorção pela raiz (herbicidas sistêmicos) ou pela absorção das folhas (herbicidas de contato ou não-sistêmicos). Seu uso pode ser pré-emergente (aplicado antes do plantio) ou pós-emergente (aplicado após a germinação).

### **Mecanismos de interação entre substâncias húmicas e herbicidas**

Vários modelos foram propostos para os mecanismos de adsorção de herbicidas no solo ou em SH. A interação pode ser de natureza física ou química, conforme o herbicida adsorvido e as condições do meio, sendo que pode ocorrer, simultaneamente, mais de um mecanismo.

### **Adsorção e dessorção**

A interação de herbicidas no solo pode ser de diversas maneiras, como adsorção, partição, ou “fixação química” (reações irreversíveis entre os herbicidas e componentes do solo),

sendo a **adsorção** a forma de interação de pesticidas no solo mais comumente verificada e estudada.

Entende-se por adsorção a passagem de um soluto (chamado adsorbato) da fase aquosa para a superfície de uma substância sólida (chamada adsorvente), prendendo-se a ela por meio de interações físicas ou químicas. Ao processo reverso, ou seja, à quebra dessas interações e, conseqüentemente, à liberação do adsorbato, dá-se o nome de **dessorção**.

As substâncias húmicas, com sua natureza polidispersante, seu caráter polieletrólítico, e com a presença de grupos funcionais reativos, radicais livres e sítios hidrofílicos e hidrofóbicos em sua estrutura molecular, são substâncias privilegiadas na interação com herbicidas. Além das SH, os componentes inorgânicos do solo como argilas também são importantes adsorventes de herbicidas.

A adsorção pela MO, no entanto, é o principal mecanismo que rege a persistência, degradação, biodisponibilidade, lixiviação e volatilidade desses xenobióticos.

A adsorção de herbicidas em SH depende da quantidade das duas fases, da natureza das SH, e das propriedades do herbicida, como tamanho, forma, configuração e estrutura molecular, funções químicas, solubilidade, polaridade e caráter ácido ou básico. Vários trabalhos descreveram a variação do comportamento adsorptivo de herbicidas, em especial do 2, 4-D, alterando-se o pH do meio e/ou a natureza do solo ou de suas substâncias húmicas (em especial o ácido húmico). Como regra geral, a adsorção de um herbicida aumenta de acordo com o teor de matéria orgânica do solo e com seu grau de humificação. O aumento do pH também exerce influência, dependendo do herbicida e das condições dos experimentos. A adsorção da atrazina man-

tém-se inalterada com a variação do pH, enquanto para o 2, 4-D, a adsorção diminui com o pH; esse mesmo 2, 4-D, em outros estudos, não sofre alteração quantitativa na sua adsorção em solos, quando se varia o teor de argila do solo ou, ligeiramente, a temperatura. Observou-se que há pequena correlação entre a adsorção de triazinas e suas solubilidades em água.

A adsorção, retenção e degradação de herbicidas pelo solo são influenciadas pelo pH, umidade, capacidade de troca catiônica e temperatura. Outro fenômeno a considerar na análise do comportamento de pesticidas é o seu movimento em solos, que pode ocorrer em solução ou através de fluxo de massa e difusão, quando aqueles se encontram adsorvidos pela MO. Difusão é o processo pelo qual a matéria é transportada como resultado do movimento molecular ao acaso, causado por sua energia térmica. O fluxo de massa ocorre como resultado de forças externas agindo como carregadores dos pesticidas. A soma dos processos de fluxo de massa e difusão determina a velocidade do movimento dos herbicidas no solo.

Para se descrever um fenômeno adsorptivo, devem-se obter informações sobre: a) relação entre a quantidade adsorvida e a concentração da solução em contato com o adsorvente, no equilíbrio (**isotermas de adsorção**); b) energias que caracterizam o equilíbrio entre a superfície sólida e a fase líquida (tratamentos termodinâmicos da adsorção); c) a velocidade em que o equilíbrio é atingido e a magnitude das energias envolvidas (estudo cinético).

### **Isotermas de adsorção**

A adsorção de herbicidas é geralmente avaliada usando-se um modelo de isoterma de adsorção. As isotermas representam a relação entre a quantidade de herbicida adsorvida por uni-

dade de massa do adsorvente e sua concentração em equilíbrio, expressa pelas curvas de isotermas de adsorção. O processo de adsorção de herbicidas nos constituintes do solo influencia a fitotoxicidade do composto, seu comportamento e transporte no ambiente.

A adsorção pode ser determinada por uma variedade de métodos cada um com suas vantagens e desvantagens. Entretanto, o modelo mais utilizado para caracterizar o fenômeno de adsorção de um herbicida refere-se à isoterma de adsorção de Freundlich.

Segundo Giles, a expressão que descreve a adsorção de um dado soluto em superfícies heterogêneas (diferentes energias de ativação) é dada por:

na qual  $K_L$ ,  $w$  e  $\beta$  são constantes e  $X/M$  é a quantidade adsorvida

$$X/M = \frac{K_L w C_e^{(\beta)}}{1 + w C_e^{(\beta)}} \quad (1)$$

de pesticida no adsorvente em ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) e  $C_e$  é a concentração de pesticida no equilíbrio. Esta equação é apresentada em duas formas particulares, que são as isotermas de Langmuir e de Freundlich.

### ► Isoterma de Langmuir

$$\frac{X/M}{1 + \frac{X/M}{K_L w C_e}} = \frac{K_L w C_e}{1 + w C_e} \quad (2)$$

### ► Isoterma de Freundlich

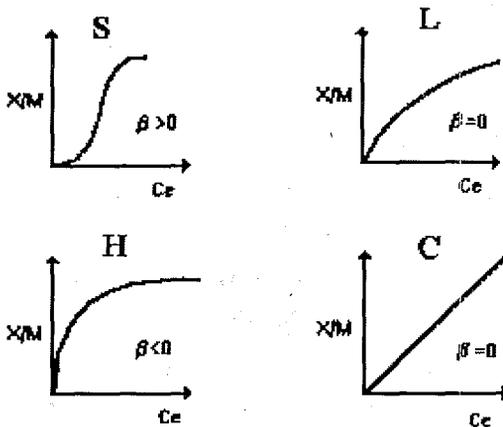
$$w C_e^{(\beta)} = 1 + \frac{X/M}{K_f C_e^N}; \quad (K_f = K_L w; N = \beta) \quad (3)$$

A isoterma de Langmuir pode ser identificada pela reta obtida em um gráfico  $\log(X/M)$  versus  $1/C_e$ , e a de Freundlich por uma reta obtida em um gráfico  $\log(X/M)$  versus  $\log C_e$ .

A formulação de Freundlich é utilizada porque fornece boas descrições dos resultados experimentais. Valores de  $N$  podem ser menores ou maiores que 1, o que explica que  $\beta$  pode ser negativo ou positivo. Entretanto, valores de  $N$  mais frequentes estão próximos da unidade, correspondendo a uma isoterma linear. Neste caso, o coeficiente de adsorção é equivalente a um coeficiente de partição do soluto entre a solução e a superfície sólida.

Giles classificou as isotermas de adsorção em várias categorias. Essa classificação é baseada na inclinação inicial  $(d(X/M)/dC_e)_{C_e=0}$  a qual é importante pois depende da taxa de variação inicial da superfície para a adsorção.

A Figura 3 apresenta quatro classes de isotermas junto com as condições correspondentes para o parâmetro  $\beta$  da equação (1).



**Figura 3.** Classes S, L, H e C de isotermas de adsorção.

**ISOTERMAS S:** caracterizadas pela inclinação não linear e convexa com relação à abscissa. A adsorção inicial é pequena e aumenta à medida que o número de moléculas adsorvidas aumenta.

**ISOTERMAS L:** caracterizadas pela inclinação não linear e côncava com relação à abscissa. Correspondem a uma diminuição da disponibilidade de espaço para a adsorção à medida que a concentração aumenta.

**ISOTERMA H:** é um caso especial da isoterma L e é observada quando a superfície do adsorvente possui uma alta afinidade pelo soluto adsorvido.

**ISOTERMAS C:** correspondem a uma constante de partição do soluto entre a solução e a superfície adsorvente. Substratos porosos flexíveis e regiões de diferentes graus de solubilidade para o soluto e solutos com grande afinidade com o substrato, permitindo fácil penetração são condições que favorecem curvas C. As isotermas do tipo C e L são frequentemente muito próximas, podendo ser, em muitos casos, consideradas do mesmo tipo.

Tal classificação auxilia o entendimento do mecanismo de adsorção.

A equação de Freundlich tem sido utilizada no formato descrito na equação 4, a seguir, por vários pesquisadores para o ajuste de seus dados na isotermas dos tipos S, L e C.

$$X / M = K_f C_e^{1/n} \quad (4)$$

onde  $K_f$  é a constante de Freundlich e  $1/n$  uma constante (índice da intensidade da adsorção) que depende da substância adsorvida e do meio adsorvente.

Os valores de  $K_f$  e  $1/n$  são determinados usando uma regressão linear na forma logarítmica da equação de Freundlich:

Tanto  $K_f$  como  $1/n$  são parâmetros de regressão linear  $\log X/M \quad \log K_f \quad (1/n) \log C_e$  (5)

característicos de um sistema de herbicida estudado. Sob as condições experimentais, a capacidade de adsorção ou dessorção ( $K_f$ ) é a quantidade de pesticida adsorvida ou remanescente no solo, quando a concentração da solução em equilíbrio é igual à unidade (1,0 mg mL<sup>-1</sup>). O parâmetro  $1/n$  indica o grau em que a isoterma de adsorção ou dessorção do herbicida no solo é função da concentração em equilíbrio, isto é, a isoterma será estritamente linear quando o valor obtido para  $1/n$  for igual à unidade.

Para as isotermas do tipo S,  $1/n > 1$  e do tipo C,  $1/n = 1$ .

As isotermas do tipo L são as mais comuns para a adsorção de pesticidas em substâncias húmicas de solos.

A adsorção de substâncias orgânicas no solo, sedimentos e outros constituintes caracterizam uma grande variedade de sistemas e comportamento, devido às grandes variações nas propriedades das moléculas e dos substratos adsorventes.

Para tornar-se independente da quantidade de matéria orgânica do solo, a constante de Freundlich, bem como as constantes linear e de Langmuir, são muitas vezes normalizadas, dividindo-se o seu valor pelo teor de matéria orgânica do solo ( $K_{OM}$ ) ou pelo teor de carbono orgânico ( $K_{OC}$ ) presente no solo. Pode-se relacionar  $K_{OM}$  de vários herbicidas com suas solubilidades em água, fatores de bioconcentração e com suas constantes de partição octanol-água ( $K_{OW}$ ).

A isoterma de Freundlich é o modelo mais adequado para adsorção de compostos não-iônicos, em especial os pesticidas, em solos, sedimentos ou substâncias húmicas em geral. Esse modelo pode ser aplicado a experimentos de dessorção. Quando as constantes  $K_f$  e  $1/n$  para dessorção são, respectivamente, dife-

rentes de  $K_f$  e  $1/n$  para adsorção, diz-se que ocorreu histerese, indicando parcial irreversibilidade dos mecanismos de adsorção.

Além das isotermas já citadas, podem ser citados outros modelos, como a equação de BET-BDDT (desenvolvida por Brunauer, Emmett e Teller e estendida por Brunauer, Deming, Deming e Teller) e a equação de Gibbs, ambas aplicadas para adsorção de compostos na forma gasosa.

### **Mecanismos de adsorção de herbicidas**

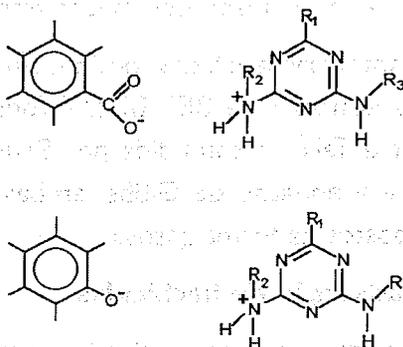
Vários são os mecanismos verificados para a adsorção de herbicidas no solo. Esses mecanismos, que podem ser de natureza física ou química, variam conforme o pesticida adsorvido e com as condições do meio, sendo que podem ocorrer, simultaneamente, mais de um dos mecanismos citados a seguir.

#### **Ligação iônica (troca iônica)**

Ocorre entre cátions e superfícies carregadas negativamente ou ânions e superfícies carregadas positivamente. A primeira situação é mais comum para adsorção de pesticidas em argilas ou em substâncias húmicas. Essa ligação ocorre basicamente em pesticidas com forma catiônica em solução, como o diquat, paraquat e o clodimeform, ou pesticidas básicos (dependendo da sua basicidade e do pH do sistema) que aceitam um próton, tornando-se catiônico, como as s-triazinas (Figura 4), amitrole e dimefox. As trocas iônicas são mais verificadas em isotermas do tipo H ou isotermas de Langmuir.

substância húmica      s-triazina

**Figura 4.** Ligação iônica entre substância húmica e s-triazina.

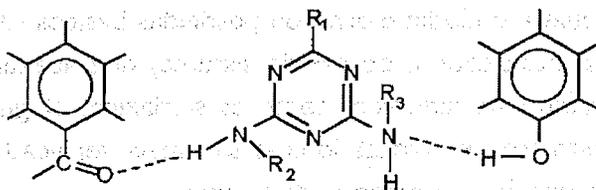


### Ligação de hidrogênio

Importante forma de adsorção de vários pesticidas polares não-iônicos (s-triazinas, uréias substituídas, alaclor, malation, etc.). Pesticidas ácidos, como o 2, 4-D, podem ser adsorvidos por ligação de hidrogênio em pH abaixo de seu  $pK_a$  (em formas não ionizadas). A Figura 5 mostra um modelo de adsorção de uma s-triazina em SH por ligação de hidrogênio.

substância húmica                      s-triazina                      substância húmica

**Figura 5.** Ligação de hidrogênio entre substância húmica e s-



triazina

### Transferência de carga (mecanismo doador-aceptor de elétrons)

A presença em substâncias húmicas de grupos deficientes de elétrons, como as quinonas, ou ricos em elétrons, como os

difenóis, sugere a formação de complexos de transferência de carga com pesticidas com propriedades elétron-doadores ou elétron-aceptoras, envolvendo sobreposição parcial de seus orbitais moleculares ( $B-B$ ). A interação de *s*-triazinas, com estruturas deficientes de elétrons das SH, como quinonas, podem ser confirmadas por estudos em Ressonância Paramagnética Eletrônica (EPR), que mostrariam um aumento na concentração de radicais livres, uma vez que esse processo envolve formação do intermediário semiquinona.

### **Ligação covalente**

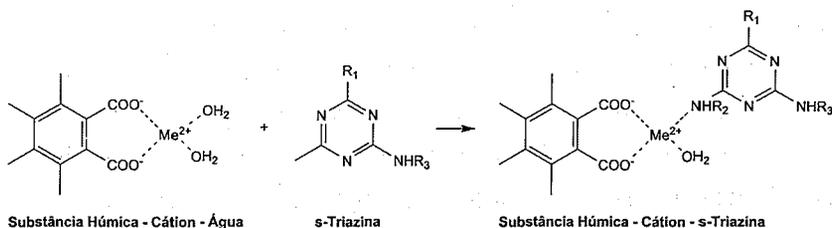
A formação de ligação covalente através de catálise química, fotoquímica ou enzimática leva a uma estável e irreversível incorporação do pesticida na substância húmica. É típico de adsorção de clorofenoxiácidos, como o 2, 4-D. Também neste caso, estudos de EPR indicam envolvimento de radicais livres.

### **Forças de London-van der Waals**

As forças de van der Waals consistem em fracas atrações, de natureza física, do tipo dipolo-dipolo induzido e dipolo instantâneo-dipolo induzido, chamados, respectivamente, de forças de Keesom (de orientação), forças de Debye (de indução) e forças de London (de dispersão). Sua contribuição é maior com o aumento da molécula do herbicida e com sua capacidade de se adaptar à superfície das substâncias húmicas.

### **Troca de ligante**

Envolve associação de cátions metálicos e água de hidratação em substâncias húmicas. Ocorre em *s*-triazinas (Figura 6) e pesticidas aniônicos.



**Figura 6.** Mecanismo de troca de ligante na adsorção de *s*-triazina em substância húmica através de uma ponte catiônica.

### Adsorção hidrofóbica

Mecanismo independente de pH para retenção de herbicidas não-polares (interagindo fracamente com água) nos sítios ativos hidrofóbicos (como cadeias laterais alifáticas ou porções lipídicas) de SH. É um importante mecanismo para vários herbicidas (inclusive o 2, 4-D) e um provável mecanismo adicional para *s*-triazinas.

### Biodegradação

A degradação de uma substância química no solo pode ser realizada de diversas formas e por diversos agentes. Pode ocorrer por reações puramente químicas, por meio de fotólise ou por meio de catálise bioquímica, através de microrganismos presentes no meio. Esse último caso, chamado de biodegradação, é a principal forma de se degradar um composto orgânico, em especial os herbicidas, no solo e em águas naturais.

A biodegradação tem um papel importantíssimo no sentido de diminuir a concentração de contaminantes no solo e evitar o seu transporte através dos macroporos, escoamento ou permanência no ambiente.

A taxa de degradação de um pesticida no ambiente depende em primeiro lugar da natureza do composto; inseticidas organoclorados, por exemplo, são mais persistentes que

carbamatos. Além disso, diversos fatores como temperatura, teor de água, tipo e profundidade de solo, população microbiana (biomassa microbiana) e teor de oxigênio (já que os caminhos da biodegradação envolvem geralmente processos oxidativos) influenciam significativamente a velocidade de degradação.

Vários autores estudaram a degradação do herbicida 2, 4-D sob diversas condições, encontrando um tempo de meia-vida que varia de 3 a 60 dias. Sua taxa de degradação diminui sensivelmente com o aumento da profundidade do solo e com o abaixamento da temperatura (de 24°C a 10°C), aumentando com o teor de carbono orgânico. Os agentes microbiológicos que o degradam (bactérias, como *Arthobacter* e actinomicetos) variam de acordo com o tipo de solo.

A simazina, entretanto, não é tão facilmente mineralizável como o 2,4-D, possuindo um tempo de meia-vida maior (média de 60 dias).

### **Estudo cinético da degradação**

Para o estudo cinético da degradação de um herbicida no solo, utiliza-se, geralmente, compostos radiomarcados com carbono-14 ( $^{14}\text{C}$ ). Como o produto final da degradação é o gás carbônico, ele é coletado em intervalos de tempo pré-estabelecidos e feita a contagem (por Espectroscopia de Cintilação Líquida) do gás carbônico radiomarcado ( $^{14}\text{CO}_2$ ), que é proveniente da degradação do composto de interesse.

Vários modelos cinéticos empíricos são utilizados para se fazer o ajuste de curva da produção de  $^{14}\text{CO}_2$  em função do tempo (em dias).

### **Modelo de 1ª ordem**

É o modelo mais simples de se descrever a degradação, no qual a taxa de degradação de um dado herbicida e sob condi-

ções definidas, é dependente apenas de sua concentração.

$$\frac{dC}{dt} = -k.C$$

$$\ln \frac{C}{C_0} = -k.t$$

$$C = C_0 \cdot e^{-kt}$$

$$t_{1/2} = \frac{0,693}{k}$$

em que:  $C$  = quantidade do pesticida remanescente no tempo  $t$ ,

$C_0$  = quantidade inicial do pesticida;

$t$  = tempo de degradação;

$t_{1/2}$  = tempo de meia-vida do pesticida no sistema;

$k$  = constante cinética de 1ª ordem.

### Modelo logístico

É um modelo bastante aplicável a vários pesticidas, embora não inclua efeitos do aumento da concentração do substrato e sua disponibilidade total. As equações que definem esse modelo são as seguintes:

$$dX/dt = k_1 \cdot X \cdot [1 - (X/X_m)]$$

$$X = (X_0 \cdot e^{k_1 t}) / \{1 + [(X_0/X_m) \cdot (e^{k_1 t} - 1)]\}$$

em que:  $X$  = componente produzido (conhecido);

$X_m$  = concentração máxima alcançável do componente;

$X_0$  = concentração inicial do componente;

$K_1$  = coeficiente cinético efetivo;

$t$  = tempo de degradação (conhecido).

## Modelo de ordem 3/2 de Brunner e Focht

Esse modelo foi ajustado do gráfico de  $^{14}\text{CO}_2$  produzido (cumulativo) em função do tempo.

$$P = P_0 \cdot \{1 - \exp[-k_1 t - 0,5k_2 t^2]\} - k_0 t$$

em que:  $P = ^{14}\text{CO}_2$  cumulativo (% sobre o aplicativo);

$P_0 = ^{14}\text{CO}_2$  produzido durante a degradação inicial do pesticida;

$K_0 =$  constante cinética de ordem zero;

$K_1 =$  constante cinética de 1ª ordem;

$K_2 =$  constante cinética de 2ª ordem;

$t =$  tempo após a adição do pesticida.

A constante  $K_0$  representa a mineralização de  $^{14}\text{C}$  ligado à matéria orgânica;  $k_1$  representa a degradação inicial do substrato pela população microbiana e  $k_2$  descreve o aumento linear da capacidade microbiana de degradação.

## Modelo de Gompertz

Nesse modelo foi utilizada a equação de Gompertz modificada para explicar a mineralização de 2, 4-D e atrazina em solo, por exemplo:

$$P = P_1 \cdot \{ \exp[ \exp[(k_1 - t)/k_2] ] - \exp[ \exp(k_1/k_2) ] \} - k_3 t$$

$$dP/dt = k_3 \cdot (P_1/k_1) \cdot \exp\{ \exp[(k_1 - t)/k_2] \} \cdot \exp\{ \exp[(k_1 - t)/k_2] \} - k_3$$

em que:  $P = ^{14}\text{CO}_2$  cumulativo (% sobre o aplicado);

$P_1 =$  quantidade de  $^{14}\text{CO}_2$  produzida antes da faixa linear;

$K_1 =$  tempo em que a máxima degradação ocorre;

$K_2 =$  inverso da constante do modelo de Gompertz;

$K_3$  = medida da taxa final da evolução linear a  $^{14}\text{CO}_2$ .

### Outros modelos

Para o estudo da cinética de degradação de sulfoniluréias, um modelo de dois compartimentos foi utilizado. Nesse modelo, um dos compartimentos é protegido (matéria orgânica do solo e/ou poros das partículas), onde o herbicida é inacessível para os microrganismos, e um desprotegido (onde ocorre degradação), composto pela solução do solo e superfície do mesmo. O modelo pode ser resumido pela seguinte equação biexponencial:

$$C = a.e^{-k_1t} + (1 - a).e^{-k_2t}$$

em que:  $C$  = concentração do pesticida remanescente nos 2 compartimentos;

$a$ ,  $k_1$ ,  $k_2$  = constantes biexponenciais.

Os modelos não-lineares normalmente utilizados possuem a limitação de não considerar a perda de substrato. Propõe-se, então, um modelo de quatro compartimentos para a adsorção de 2, 4-D em solo que inclui essa perda.

### Conclusões

O modo de dissipação de herbicidas pode ser explicado, principalmente, pela proposição de mecanismos de interação com as SH do solo. Os principais mecanismos envolvem troca iônica, ligação de hidrogênio, transferência de carga, ligações covalentes, forças de atração de London-Van der Waals e adsorção hidrofóbica. A adsorção via ligação ou troca iônica aplica-se àqueles herbicidas que em solução estão na forma catiônica ou àqueles que possam protonar-se. Esse mecanismo envolve grupos ionizáveis ou facilmente ionizáveis como os grupos carboxílicos e/ou fenólicos das SH. Como exemplo, citamos o herbicida atrazina que é fracamente básico, tornando-se catiônico dependendo do pH do meio,

o qual governa o grau de ionização dos grupos ácidos nas SH. Desta forma, quanto menor o pH do sistema solo, maior será a probabilidade de que a interação via troca iônica ocorra.

Outro fato a ser observado é a presença de numerosos grupos funcionais contendo oxigênio e grupos hidróxi na fração orgânica dos solos, tornando altamente provável a formação de ligações de hidrogênio.

Deve ser esperada em tais processos uma forte competição com as moléculas da água de solvatação desses sítios de interação. Há, ainda, as forças de Van der Waals, as quais são atrações fracas, de natureza física, do tipo dipolo-dipolo, dipolo-dipolo induzido e dipolo instantâneo-dipolo induzido. São chamadas, respectivamente, de forças de Keesom (de orientação), forças de Debye (de indução) e forças de London (de dispersão). Sua contribuição é maior quanto maior é a molécula do herbicida e sua capacidade de se adaptar à superfície das substâncias húmicas. A interação via troca de ligante envolve associação entre cátions metálicos e a água de hidratação em SH.

Por último, a adsorção hidrofóbica, que é uma interação de Van der Waals, é um mecanismo independente do pH para retenção de herbicidas não-polares (interagindo fracamente com água) nos sítios ativos hidrofóbicos (como cadeias laterais alifáticas ou porções lipídicas) de SH.

A natureza química exata das transformações de herbicidas no ambiente do solo desafia uma descrição precisa e, portanto, urge a necessidade de esclarecimentos a fim de proteger o ecossistema contra efeitos colaterais ainda desconhecidos.

São as culturas de soja, cana-de-açúcar, algodão, cítrus, café, as principais consumidoras de herbicidas.

O uso de herbicidas na agricultura e em outras atividades deverá continuar nas próximas décadas a desempenhar importante papel na produção de alimentos e fibras. Esses insumos são necessários para assegurar as culturas e seu emprego é prática geral em todo o mundo. Porém, devem ser aplicados apenas quando necessários e em obediência à boa prática agrícola, a fim de que os benefícios que causam sejam superiores aos riscos que acarretam. O emprego da boa prática agrícola é, pois, de fundamental importância para que esses objetivos sejam alcançados com a preservação correspondente do ambiente e dos inimigos naturais. A ocorrência de resíduos de pesticidas nos alimentos é um problema potencialmente muito importante, uma vez que a ingestão prolongada e contínua dessas substâncias tóxicas, mesmo em doses reduzidas, pode causar problemas de saúde pública.

Por um outro lado, devemos considerar que o uso de herbicidas por prolongados espaços de tempo, pode provocar mudanças radicais na estrutura do solo, levando-o ao endurecimento. Além desse dano, os herbicidas, ainda, podem competir com os elementos nutrientes das plantas, prejudicando seu desenvolvimento.

### **Bibliografia**

Alves, M.R.; Landgraf, M.D.; Rezende, M.O.O. J. Environ. Sci. Health, Part B. v. B36, N0 6, p. 797-808, 2001.

Alves Maiola, M.R. "Influência da incorporação de resíduos orgânicos a um latossolo vermelho amarelo e a ação das minhocas como agentes de descontaminação ambiental". 14 de março de 2002. Tese de doutorado, Instituto de química de São Carlos – Universidade de São Paulo.

Calvet, R. Environmental Health Perspectives, v. 83, p. 145-177, 1989.

Ferri, M.V.W.; Vidal, R.A.; Fleck, N.G.; Csol, E.A.; Gomes, P.A. Pesticidas: R. Ecotoxicol. E Meio Ambiente, Curitiba, v. 13, p. 147-156, 2003.

Giles, C.H.; Macewan, T.H.; Nakawa, S.H.; Smith, D. Journal Chemica Society, v. 3, p. 3973-3993, 1960.

Landgraf, M.D. Caracterização físico-química e estudo da adsorção/dessorção do herbicida metribuzin em ácido húmico extraído de turfa e de vermicomposto”. 04 de junho de 1996. Tese de doutorado, Instituto de química de São Carlos – Universidade de São Paulo.

Landgraf, M.D.; Silva, S.C.; Rezende, M.O.O. Analytica Chimica Acta, v.368, p.155-164, 1998.

Landgraf, M.D.; Messias, R.A.; Rezende, M.O.O. A IMPORTÂNCIA AMBIENTAL DA VERMICOMPOSTAGEM: VANTAGENS E APLICAÇÕES. 1a. ed. São Carlos: Rima Editora, 2005. 106p.

Martin-Neto, L.; Cerri, C.C.; Melo, W.J.; Rezende, M.O.O.; Rocha, J.C.; Tauk, S.M.; Tornisielo, V.L.; Lavorenti; Bianchini-Jr., A. I.; Rocha, Mangrich, A.S.; Costa, C.A.C.; Clerici de Maria I., editores. 20 Encontro Brasileiro sobre Substâncias Húmicas. EMBRAPA - Instrumentação Agropecuária, CNPDIA, São Carlos, 1997, 207p.

Messias, R.A. Estudos de adsorção/dessorção e biodegradação de simazina e 2,4 D incorporados em turfa e em poliuretana. 06.11.1988. Dissertação de mestrado, Instituto de química de São Carlos – Universidade de São Paulo.

Moraes, S.L.; Rezende, M.O.O. Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente, v.8, p. 157-170, 1998.

Prado, A.G.S.; Vieira, E.M.; Rezende, M.O.O. Anais da Associação Brasileira de Química, v. 47, nº 3, p. 239-246, 1998.

Schulten, H.R.; Schnitzer, M. *Naturwissenschaften*, v. 80, p. 29-30, 1993.

Sein, J.R.; Varnum, J.M.; Jansen, S.A. *Environ. Sci. Technol.*, v. 33, p. 546-552, 1999.

Spadotto, C.; Matallo, M.B.; Gomes, M.A.F. **Pesticidas: R. Ecotoxicol. E Meio Ambiente**, Curitiba, v. 13, p. 103-110, 2003.

Tavares, M.C.H.; Landgraf, M.D.; Vieira, E.M.; Rezende, M.O.O. *Química Nova*, v. 19, nº 6, p. 605-608, 1996.

Tavares, M.C.H.; Rezende, M.O.O. *Journal of the Environmental Science and Health*, v. B33, nº 6, p. 749-767, 1998.

Yang, Y.; Wang, H. Tang, J.; Chen, X. *Soil & Tillage Research*, v. 93, 179-185, 2007.

## X- Novas e futuras alternativas de controle de plantas daninhas

Décio Karam<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo e Presidente da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas daninhas, biênio 2006/2008.

As plantas daninhas têm grande importância na produção agrícola devido aos seus efeitos diretos nas culturas como o alto grau de interferência (ação conjunta da competição e da alelopatia) e aos efeitos indiretos como o aumento do custo de produção, dificuldade de colheita, depreciação da qualidade do produto além de hospedar pragas e doenças. O exemplo deste último é o fato de que algumas plantas invasoras tais como o apaga-fogo (*Alternanthera tenella*), o capim pé de galinha (*Eleusine indica*), a anileira (*Indigofera hirsuta*) e o mentrasto (*Ageratum conyzoides*) serem hospedeiras de nematóides. Ao contrário dos ataques de pragas e doenças, ocasionados normalmente por uma ou poucas espécies, a infestação de plantas daninhas é representada por muitas espécies, emergindo em épocas diferentes, dificultando sobremaneira o seu controle.

Mundialmente, as perdas devido aos efeitos diretos das plantas daninhas podem ser estimadas a partir do gasto de herbicidas, atualmente na ordem de 19 bilhões de dólares. No Brasil o gasto para controle de plantas daninhas através do uso de herbicidas, na safra de 200/07 foi de aproximadamente 1,7 bilhões de dólares. Acrescenta-se ainda a este custo o valor referente a 13% da produção nacional, valor estimado em consequência da perda imposta pelo efeito direto da interferência das plantas daninhas, o que na mesma safra, pode ter significado perdas de aproximadamente 15 milhões de toneladas de grãos.

Atualmente várias são as técnicas utilizadas para o controle de plantas daninhas, incluindo preventivas, culturais, físicas, biológicas e químicas.

## **Métodos de controle em uso**

A eficiência no controle de plantas daninhas está diretamente relacionada ao sistema integrado de práticas agrícolas, porém sempre tentando utilizar alternativas que diminuam os custos de produção.

### **Preventivo**

Embora este método, que visa impedir a introdução, o estabelecimento e a disseminação de novas espécies de plantas daninhas, tem sido utilizado por poucos produtores, intenso enfoque tem sido dado para a adoção sistematizada desta praxe. A disseminação das plantas daninhas geralmente ocorre a partir das atividades praticadas pelo homem, como o uso de máquinas agrícolas, animais e sementes contaminadas. Práticas preventivas como a limpeza rigorosa das máquinas e implementos, e o controle das invasoras, impedem a produção de sementes e/ou estruturas de reprodução, evitando a disseminação destas espécies.

### **Cultural**

Este método de controle, que consiste na utilização das características da cultura e do meio ambiente para aumentar a competitividade da cultura, favorecendo o crescimento e desenvolvimento das plantas, vem sendo utilizado de forma não consciente para o manejo de plantas daninhas. Este método engloba técnicas tais como:

#### **Uso de variedades adaptadas às regiões:**

O uso de variedades adaptadas às regiões de plantio, que se desenvolvem mais rapidamente e cobrem o solo de maneira mais intensa, sofrem menor efeito da interferência que venha a surgir, controlando melhor as plantas daninhas. Assim, deve-se escolher variedades que apresentam maior resistência, ou tole-

rância, às principais pragas e doenças que predominam na área e que sejam mais agressivas em seu crescimento.

### **Densidade de plantio:**

A densidade de plantio, número de plantas por unidade de área, é fator limitante para o rendimento de uma lavoura. Cada cultura apresenta uma densidade ótima (quando o rendimento é máximo), que é variável para cada situação e depende de três condições: variedade, disponibilidade hídrica e disponibilidade de nutrientes. A existência de alterações nesses fatores afetará a densidade ótima de plantio, conseqüentemente a produção.

### **Espaçamento entre plantas:**

A melhor distribuição espacial de plantas, com a redução do espaçamento e conseqüentemente a redução da incidência de luz entre fileiras e plantas, reduz o potencial de crescimento das plantas daninhas. Qualquer modificação no arranjo espacial das plantas deve respeitar as características do ambiente e da variedade.

### **Época de plantio do milho:**

A época mais adequada para o plantio, visando o controle de plantas daninhas, é aquela em que o crescimento da cultura não coincida com o maior pico de emergência das plantas daninhas. Exemplos podem ser dados demonstrando a importância do conhecimento do pico de emergência das plantas daninhas como é o caso da emergência de *Brachiaria plantaginea*, no estado do Paraná, que ocorre, em quase toda sua plenitude, de outubro a novembro. Plantios de culturas após este período geralmente apresentam menores níveis de infestação desta planta daninha.

### **Uso de cobertura do solo:**

A manutenção de cobertura do solo diminui a emergência de plantas daninhas devido a efeitos físicos e alelopáticos. A cobertura do solo tem sido utilizada por muito tempo em sistemas de produção de hortaliças e fruticultura. Com a implantação do sistema de plantio direto, a cobertura do solo passou a ser fundamental para a sustentabilidade deste sistema. O efeito da cobertura do solo pode ser verificado na germinação das plantas daninhas, na conservação da umidade do solo, na prevenção da erosão, e na menor dispersão de doenças e redução da variação da temperatura do solo. A cobertura do solo pode ser feita utilizando material orgânico ou inorgânico. As coberturas orgânicas, que consistem de material vegetal, decompõem naturalmente no solo. As coberturas inorgânicas, que consistem principalmente de polietileno, não decompõe no solo necessitando ser retirado do sistema. Este método pôde também ser considerado como um método físico de controle de plantas daninhas.

### Alelopatia:

As plantas daninhas podem ter seu desenvolvimento suprimido ou estimulado por meio de plantas vivas ou de seus resíduos, os quais liberam substâncias químicas no ambiente (aleloquímicos). O uso de aleloquímicos, obtidos a partir de plantas, tem sido estudados como herbicidas. Várias espécies são citadas como plantas com potencial alelopático (Tabela I).

Planta	Modo de liberação	Planta afetada
<i>Brassica juncea</i>	volatilização / lixiviação	alface, centeio, cevada, rabanete, trigo
<i>Amaranthus palmeri</i>	volatilização	cebola, tomate
<i>Amaranthus retroflexus</i>	decomposição	milho, soja
<i>Bidens pilosa</i>	exudação radicular / decomposição	alface, feijão, milho, sorgo
<i>Cyperus rotundus</i>	exudação radicular / decomposição	cebola, tomate, rabanete
<i>Cynodon dactylon</i>	exudação radicular	pêssego
<i>Avena spp</i>	exudação radicular / decomposição	trigo
<i>Triticum aestivum</i>	decomposição	aveia
<i>Datura stramonium</i>	lixiviação	soja, trigo

**Tabela I.** Algumas plantas com potencial alelopático.

## **Rotação de culturas:**

A alternância do cultivo de diferentes espécies vegetais, em seqüência temporal, em determinada área, proporciona menor infestação de plantas daninhas quando comparado aos sistemas de monocultivo. Além disto, a rotação de culturas permite a realização da rotação de herbicidas em uma mesma área, dificultando a perpetuação de espécies e o aparecimento de biótipos resistentes.

## **Mecânico:**

### **Capina manual:**

A capina manual, ainda utilizado em sistemas de cultivo de subsistência, deve ser realizado evitando solos úmidos, preferencialmente em dias quentes e secos. Cuidados devem ser tomados para evitar danos à cultura. A demanda de mão-de-obra, desta operação é de aproximadamente 8 dias-homem/ha.

### **Capina mecânica:**

A capina mecânica através de cultivadores tracionados por animais ou tratores, roçadeiras, ou picadores ainda é utilizado no Brasil. As capinas mecânicas utilizando cultivadores devem ser realizadas nas primeiras semanas a emergência da cultura. Neste período, os danos ocasionados à cultura são minimizados, quando comparados com os possíveis danos (quebra e arranquio de plantas) decorrentes de capinas realizadas tardiamente. O cultivo deve ser realizado superficialmente, de preferência em dias quentes e secos, com solo seco, aprofundando-se as enxadas o suficiente para o arranquio ou o corte das plantas daninhas. As capinas mecânicas são geralmente realizadas com enxadas do tipo asa-de-andorinha ou picão. O uso de roçadeiras ou picadores são utilizados visando manter as plantas daninhas em condições de não produção de sementes. A produtividade desse método é de

aproximadamente 0,5 a 1,0 dia-homem ha<sup>-1</sup> (tração animal) e 1,5 a 2,0 horas ha<sup>-1</sup> (tratorizada).

### **Físico:**

#### **Solarização:**

A solarização é um método utilizado para desinfecção do solo, através de polietileno transparente. A solarização aumenta a temperatura do solo, afetando as sementes e propágulos das plantas daninhas, queimando as plântulas germinadas e alterando o balanço de O<sup>2</sup> e CO<sub>2</sub>. Para que se tenha um efeito satisfatório este método depende do tempo que o polietileno permanecerá no solo, pela intensidade de luz, pela temperatura do ar e pela umidade do solo.

### **Fogo**

Considerado como uma alternativa de controle de plantas daninhas em sistemas agroecológicos, onde produtos químicos não são recomendados, este método não visa a queima e sim em aumentar a temperatura da planta em curto espaço de tempo de tal forma que ocorra uma expansão do líquido celular e rompimento das células,consequentemente a morte desta planta.

#### **Inundação:**

O uso de laminas de água em sistemas de produção agrícola irrigados por inundação é considerado um complemento ao controle de plantas daninhas. A manutenção da lamina de água deixa o ambiente desfavorável, reduz a concentração de oxigênio, dificultando à germinação de sementes e restringindo o processo de crescimento e desenvolvimento de radícula para algumas espécies.

### **Biológico**

Este método visa manter baixa a população de plantas daninhas, utilizando agentes patogênicos ou predadores. O uso deste método de controle tem sido muito pouco utilizado porque geralmente a infestação de plantas daninhas ocorre com várias espécies de diferentes famílias. Entretanto casos como o de alguns produtores de arroz irrigado na região sul do Brasil utilizando marrecos, para a redução do banco de sementes do arroz vermelho (*Oriza sativa* L.), tem sido verificado. Outros exemplos, como a utilização de caprinos ou ovinos para o controle de plantas daninhas em pastagens, gramados reflorestamento e fruteiras, podem ser citados. O uso de agentes patogênicos tem sido amplamente estudados, mas até a presente data não tem sido utilizado por agricultores brasileiros.

### **Químico:**

O controle químico consiste na utilização de produtos herbicidas registrados no Ministério da Agricultura e Abastecimento bem como nas Secretarias de Agricultura. Ao se utilizar o controle químico, algumas o conhecimento da seletividade do herbicida para a cultura e, principalmente, sua eficiência no controle das principais espécies daninhas na área cultivada, devem ser levadas em consideração. A seleção de um herbicida deve ser baseada em avaliação das espécies de plantas presentes na área a ser tratada, bem como nas características físico-químicas dos produtos.

É de grande importância verificar a persistência média dos herbicidas no solo, uma vez que eles podem tornar-se fitotóxicos para as culturas em sucessão ou plantadas subsequentes a aplicação destes produtos. Deve-se ainda levar em consideração, na escolha de um herbicida, o intervalo de segurança, que é o intervalo mínimo entre a aplicação e a colheita da cultura.

Fatores como: adaptabilidade ecológica e capacidade de proliferação, longevidade e dormência das sementes da espécie, frequência de utilização de herbicidas com mesmo mecanismo de ação, bem como a eficácia do herbicida e os métodos adicionais empregados no controle das plantas daninhas, tem contribuído para o aparecimento (seleção) de plantas daninhas resistente.

Quando uma população de plantas daninhas resistentes se estabelece em determinada área, a eficácia do controle através da utilização de herbicidas diminui. Para prevenir ou retardar o aparecimento destas plantas é recomendada a utilização da rotação de culturas, do manejo adequado dos herbicidas, da prevenção da disseminação de sementes através do uso de equipamentos limpos, monitoramento da evolução inicial da resistência e, o controle das plantas daninhas suspeitas de resistência antes que as mesmas produzam sementes.

O controle químico pode ser realizado com a ajuda de vários equipamentos de pulverização existentes, dentre eles os pulverizadores tratorizados de arrasto, tratorizados montados, autopropeledos, aéreos e os costais. O avanço no desenvolvimento da tecnologia de aplicação tem colocado no mercado equipamentos cada vez mais modernos que buscam maior eficiência e redução do impacto ambiental das aplicações. Equipamentos utilizando controladores eletrônicos de fluxo, navegação por GPS, ponta de pulverização de indução de ar e aplicação eletrostática tem sido disponibilizado aos produtores para que os mesmos otimizem e reduzam os custos da aplicação no controle de plantas daninhas.

## **Organismos Geneticamente Modificados**

A soja resistente ao glifosato (soja RR) foi desenvolvida para a utilização deste herbicida como alternativa de controle de plantas daninhas na cultura da soja. No Brasil, em 26 de setembro

de 2003, foi editada a Medida Provisória nº 131 que regulamentava o primeiro plantio de organismos geneticamente modificados em escala comercial no Brasil. No Congresso Nacional, a MP nº. 131 não sofreu significativas mudanças, convertendo-se na lei nº. 10.184, de 15 de dezembro de 2003. Em maio de 2007, a Comissão Técnica Nacional de Biosegurança (CTNBio) aprovou o milho Libertlink, resistente ao herbicida glufosinato - sal de amônio.

### **Perspectivas futuras do controle de plantas daninhas**

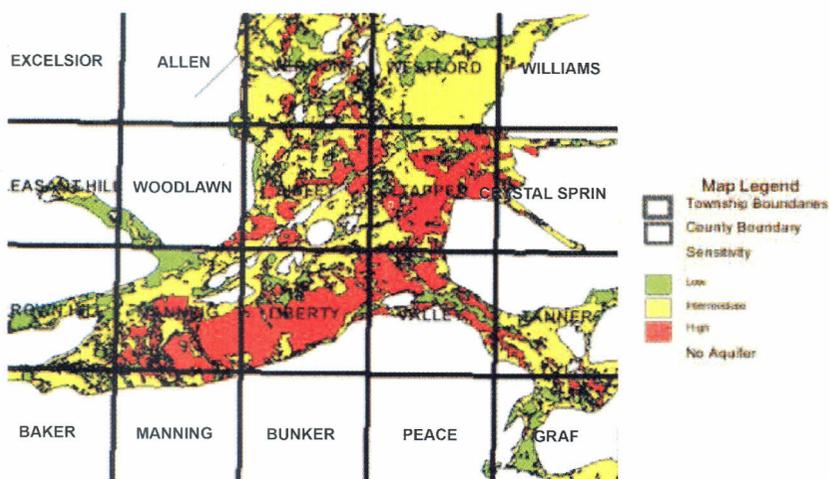
Nos últimos anos, os aspectos econômicos e ambientais têm sido considerados nos estudos e definições de novas técnicas de manejo de plantas daninhas. Sistemas agroecológicos que utilizam técnicas de manejo mais “limpas” de plantas daninhas têm sido demandados, portanto o uso do conhecimento da biologia, ecologia e da dinâmica destas plantas terão fundamental importância para a recomendação do manejo para a redução da produção de sementes para as próximas gerações.

Os métodos culturais de controle de plantas daninhas deverão ser mais utilizados, embora faltem informações sobre o efeito direto sobre a dinâmica das plantas daninhas. O uso dos métodos mecânicos tende a diminuir em função da expansão do sistema de plantio direto. O uso de cobertura vegetal tende a aumentar. Para isso a utilização de espécies que produzam agentes aleloquímicos e efeitos físicos que diminuam a incidência de plantas daninhas deverão ser mais estudados.

Embora o desenvolvimento de plantas geneticamente modificadas tende a aumentar, não se deve esquecer que, a evolução da indústria química de defensivos, tem acontecido em função das demandas das legislações provenientes para o registro dos produtos para a comercialização. Esta legislação demanda por produtos com características ambientais mais adequadas, características de saúde humana reconhecida e características

agronômicas eficazes. O uso de herbicidas não seletivos no controle químico de plantas não irá modificar as recomendações básicas de manejo para evitar o surgimento de plantas tolerantes ou resistentes. O uso de rotação de culturas, utilizando herbicidas de modo de ação diferenciado, deverá ser considerado da mesma forma que o uso de aplicações seqüenciais e combinações de outros produtos químicos que apresentem sinergismos no controle das plantas daninhas.

Estudos relacionados ao meio ambiente como predições da probabilidade de contaminação ambiental (Figura 1) e a persistência e resíduo de herbicidas no solo e água serão demandados pela sociedade para que não o conhecimento básico norteiem as recomendações futuras do uso de herbicidas para o manejo de plantas daninhas. A segurança alimentar, baseada no resíduo no produto final, será importante para o desenvolvimento ou adaptações de técnicas para controle de plantas daninhas, visto que nas plantas geneticamente modificadas as aplicações dos herbicidas



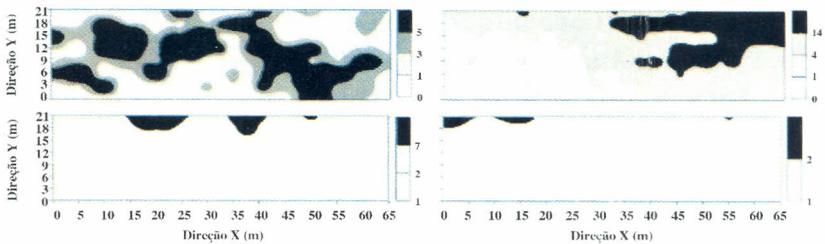
**Figura 1.** Exemplo de mapa de avaliação do potencial de contaminação do lençol freático. [www.ageng.ndsu.nodak.edu/pest/](http://www.ageng.ndsu.nodak.edu/pest/) (NDSU, 2007)

apropriados poderão ocorrer em qualquer fase de crescimento da cultura.

A procura por métodos biológicos para o controle de plantas daninhas deverá crescer, visto que existe uma tendência de aumento de produção agrícola baseada em sistemas agroecológicos. Embora seja conhecida a dificuldade de se realizar o controle biológico de plantas daninhas em sistemas de produção de grãos, o uso deste método poderá ser útil em sistemas aquáticos, pastagens, reflorestamento, gramados e ou fruticultura.

Toda perspectiva futura que esteja sedimentada na utilização do controle químico de plantas daninhas, independentemente da utilização de plantas geneticamente modificadas, depende de melhorias na qualidade da aplicação de herbicidas como o desenvolvimento e aprimoramento de aplicações localizadas (Figura 2) e em doses variadas que serão baseadas na infestação existente.

O futuro do controle de plantas daninhas, então, passará pela utilização em grande escala de plantas geneticamente modificadas, principalmente para a produção de grãos, o que não mudará a necessidade dos conhecimentos básicos da biologia e ecologia e não deverá esquecer os conceitos básicos do manejo adquiridos.



**Figura 2.** Exemplo de distribuição espacial de plantas daninhas. [www.scielo.br/img/revistas/rbeaa/v11n1/html/n1a07f02.htm](http://www.scielo.br/img/revistas/rbeaa/v11n1/html/n1a07f02.htm) (Schaffrath, et al, 2007).



# XI- Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas

*Christoffoleti, P. J.<sup>1</sup>; Moreira, M. S.<sup>2</sup>.*

<sup>1</sup>Professor Associado do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ/USP, Piracicaba-SP,  
pjchrist@esalq.usp.br.

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo Mestrando em Fitotecnia Murilo Sala Moreira,  
murilosala9@hotmail.com.

## I. Introdução

A definição dada pela WSSA para a resistência de plantas daninhas a herbicidas é: “a habilidade de uma planta sobreviver e reproduzir, após exposição a uma dose de herbicida normalmente letal para o biótipo selvagem da planta” (Weed Science, 2006). Está implícito nesta definição que a característica de resistência a herbicidas de uma planta pode ser de ocorrência natural (selecionada em populações de plantas daninhas de ocorrência natural no campo) ou induzida por técnicas como engenharia genética ou seleção de variantes produzidas por culturas de tecidos ou mutagênese (Heap, 2006).

Definimos resistência de plantas daninhas a herbicidas como: **“a capacidade inerente e herdável de alguns biótipos, dentro de uma determinada população, de sobreviver e se reproduzir após a exposição à dose de um herbicida, que normalmente seria letal a uma população normal (suscetível) da mesma espécie”**. Biótipo é definido por Kissmann (2003), como um grupo de indivíduos com carga genética semelhante, porém pouco diferenciado da maioria dos indivíduos da população, que no caso de plantas daninhas resistentes a herbicidas é caracterizado, normalmente, apenas pela diferenciação genética que confere a característica de resistência.

Heap (2006) faz um paralelo do que chama de definição científica x definição agronômica de resistência de plantas dani-

nhas a herbicidas. A definição científica de resistência não leva em consideração a dose recomendada de herbicida, pois embora duas populações podem estatisticamente diferir em suas respostas a um herbicida isso não necessariamente implica que o herbicida não controla a resistente na dose recomendada de campo. Em outras palavras o biótipo pode ser considerado resistente por esta definição quando em sub-doses (doses abaixo da recomendada) ocorrem diferenças de controle, porém na dose utilizada normalmente no campo o controle de ambos os biótipos é satisfatório. Sendo assim, o pesquisador discute a necessidade de uma definição que ele chama de agronômica, ou seja, para classificar uma planta como resistente é necessário que a população resistente sobreviva à dose recomendada do herbicida sob condições normais de campo.

Esta diferenciação entre as definições científica e agronômica pode ser ilustrada no trabalho de López-Ovejero et al. (2005). Pela tabela I, conclui-se claramente que os biótipos R1, R2, R3 e R4 são resistentes ao herbicida sethoxydin (inibidor da ACCase), baseado na definição científica, porém o biótipo R3, apesar de possuir uma relação R/S de 16,15, na dose recomendada (Figura 1) foi satisfatoriamente controlado, nos mesmos índices de controle do biótipo S. Portanto, sob o ponto de vista agronômico este biótipo não é considerado R, porém sob a definição científica é considerado S.

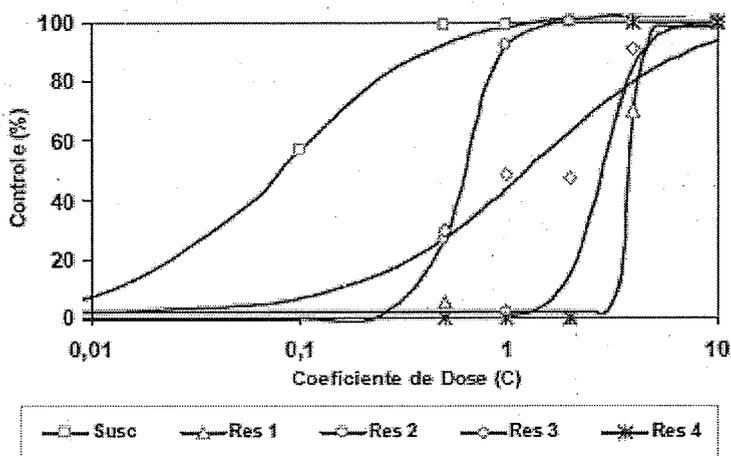
População	GR <sub>50</sub>	R/S
S	19,60	-
R1	880,69	44,94
R2	141,06	7,20
R3	316,15	16,15
R4	650,72	33,20

**Tabela I.** GR<sub>50</sub> (dose do herbicida sethoxydim, em g i.a./ha, necessária para controle de 50% da população de capim-colhão

(*Digitaria ciliaris*) resistente (R) e suscetível (S) aos herbicidas inibidores da ACCase e relação R/S ( $GR_{50}$  do biótipo R dividido pelo  $GR_{50}$  do biótipo S).

Fonte: López-Ovejero et al., 2005.

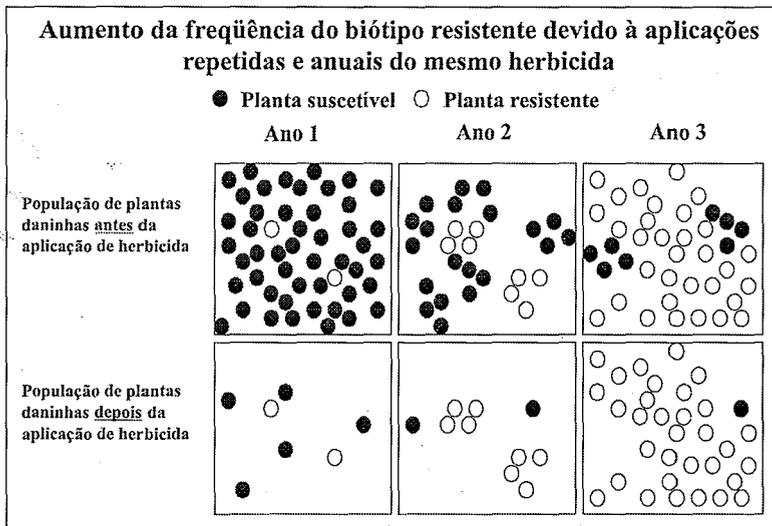
O aparecimento de biótipos de plantas daninhas resistentes aos herbicidas está condicionado a uma mudança genética na população, imposta pela pressão de seleção, causada pela aplicação repetitiva do herbicida na dose recomendada (Figura 2). Os biótipos podem apresentar níveis diversos de resistência, sendo que esses níveis podem ser quantificados mediante a  $GR_{50}$  ( $GR_{50}$  = dose do herbicida em gramas do ingrediente ativo por hectare necessário para proporcionar 50% de controle ou redução do crescimento da planta daninha).



**Figura 1.** Valores percentuais de controle aos 28 DAA em função do coeficiente da dose recomendada do herbicida, portanto  $C = 1$  equivale a dose recomendada, para as populações resistentes  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  e  $R_4$  e suscetível S, quando submetidas à aplicação de sethoxydim.

Fonte: López-Ovejero et al., 2005.

Assim, a tolerância de plantas daninhas aos herbicidas é diferenciada da resistência, pois a tolerância é uma característica inata da espécie em sobreviver a aplicações de herbicida na dose recomendada, que seria letal a outras espécies, sem alterações marcantes em seu crescimento e desenvolvimento. É uma característica que existe na planta antes mesmo da primeira aplicação do herbicida naquela área que leva à seleção natural das plantas daninhas aí existentes sobre as quais o produto tiver efeito reduzido. Assim como a tolerância, a suscetibilidade, também, é uma característica inata de uma espécie. Nesse caso, há alterações com efeitos marcantes no crescimento e desenvolvimento da planta, como resultado de sua incapacidade de suportar a ação do herbicida (Christoffoleti et al., 2000).



**Figura 2.** Representação esquemática da mudança genética na população suscetível para uma população resistente, provocada pela pressão de seleção imposta pelo herbicida.

O termo “resistência” é comumente apresentado tanto com referência ao comportamento de um indivíduo frente aos

mecanismos de resistência que possui, quanto aos herbicidas aos quais o indivíduo é resistente. Desta forma, surgem os conceitos de resistência cruzada e resistência múltipla.

A resistência cruzada ocorre quando biótipos de plantas daninhas são resistentes a dois ou mais herbicidas, devido a um só mecanismo de resistência, portanto, resistente a todos os herbicidas que apresentam um mesmo mecanismo de ação. Por exemplo, foram identificados biótipos de *Brachiaria plantaginea* e *Digitaria ciliaris* que apresentavam diferentes níveis de resistência cruzada dessas plantas em relação aos herbicidas inibidores da ACCase (Gazziero et al., 1997, Cortez et al., 2002).

A resistência múltipla ocorre quando um indivíduo possui um ou mais mecanismos de resistência distintos que conferem o comportamento resistente a herbicidas com mecanismo de ação diferenciado. Foram documentados biótipos de *Lolium rigidum* que apresentaram mecanismos de resistência aos herbicidas do grupo A (inibidores da ACCase-amiloxifenoxipropiônicos) e do grupo B (ALS-sulfoniluréias), exemplificando um caso de resistência múltipla.

Para melhor entendimento das bases da resistência é importante que os principais herbicidas de cada mecanismo de ação sejam listados. Sendo assim, se essas formas de resistência fossem ordenadas pela dificuldade de controle com herbicidas, apresentaria a seguinte ordem: Resistência isolada < Resistência cruzada < Resistência múltipla.

## **2. Casos de resistência registrados no Brasil e situação mundial**

O aparecimento de plantas daninhas resistentes aos herbicidas é recente, apesar dos herbicidas serem usados há mais de 40 anos (Christoffoleti et al., 1994). A resistência de plantas

daninhas aos herbicidas foi pela primeira vez relatada no final da década de 60, associada com a aplicação intensiva de herbicidas pertencentes ao grupo químico das triazinas, sendo que à partir daí o número casos registrados no site do HRAC (herbicide action committee), HRAC, 2006, tem aumentado rapidamente nos últimos anos. Na tabela 2 pode ser visualizado os casos de resistência no mundo relatado até outubro de 2006, dividido por mecanismo de ação.

Mecanismo de ação	Grupo HRAC	Total
Inibidores da ALS	B	95
Inibidores do Fotossistema II (triazinas)	CI	66
Inibidores da ACCase	A	35
Auxinas sintéticas	O	25
Inibidores do Fotossistema I	D	23
Inibidores do Fotossistema II (uréias e amidas)	C2	21
Inibidores da EPSPs (glicinas)	G	12
Inibidores da formação de microtúbulos	K1	10
Inibidores da sintase de lípidios (tiocarbamatos)	N	8
Inibidores da biossíntese de carotenos (Triazoles, uréias isoxazolidionas)	F3	4
Inibidores da Protox	E	3
Inibidores da biossíntese de carotene (ao nível da Fitoeno desaturase – FDS)	FI	2
Inibidores da divisão celular (cloroacetamidas e outros)	K3	3
Desconhecidos (ácidos arilaminopropiônicos)	Z	2
Inibidores do fotossistema II (nitrilos e outros)	C3	1
Inibidores da mitose ao nível de microtúbulos	K2	1
Inibidores da sintase de celulose na parede celular	L	1
Desconhecidos (pyrazoliuns)	Z	1
Desconhecidos (organoarseniacaís)	Z	1
<b>TOTAL</b>	---	<b>314</b>

**Tabela 2.** Espécies de plantas daninhas resistentes a herbicidas relatadas no site do HRAC até maio de 2007.

Fonte: HRAC, 2007.

No Brasil, os biótipos resistentes registrados são apresentados na tabela 3. A cultura de soja é que apresenta maior número

ro de biótipos de plantas daninhas que desenvolveram resistência. Isto pode ser explicado porque essa cultura é a principal consumidora de herbicidas, acumulando mais de 50% das vendas destes produtos.

Num.	Espécies	Ano	Mecanismo de ação do herbicida
1	<i>Bidens pilosa</i>	1993	Inibidor da ALS
2	<i>Bidens subalternans</i>	1996	Inibidor da ALS
3	<i>Brachiaria plantaginea</i>	1997	Inibidor da ACCase
4	<i>Conyza bonariensis</i> (soja)	2005	Glicinas
5	<i>Conyza bonariensis</i> (citrus)	2005	Glicinas
6	<i>Conyza canadensis</i>	2005	Glicinas
7	<i>Cyperus difformis</i>	2000	Inibidor da ALS
8	<i>Digitaria ciliaris</i>	2002	Inibidor da ACCase
9	<i>Echinochloa crus-galli</i>	1999	Auxinas sintéticas
10	<i>Echinochloa crus-pavonis</i>	1999	Auxinas sintéticas
11	<i>Eleusine indica</i>	2003	Inibidor da ACCase
12	<i>Euphorbia heterophylla</i>	1992	Inibidor da ALS
13*	<i>Euphorbia heterophylla</i> (resistência múltipla)	2004	Inibidor da ALS Inibidores da Prottox
14	<i>Euphorbia heterophylla</i>	2005	Glicinas
15	<i>Fimbristylis miliacea</i>	2001	Inibidor da ALS
16	<i>Lolium multiflorum</i>	2003	Glicinas
17	<i>Parthenium hysterophorus</i>	2004	Inibidor da ALS
18	<i>Raphanus sativus</i>	2001	Inibidor da ALS
19	<i>Sagittaria montevidensis</i>	1999	Inibidor da ALS

**Tabela 3.** Espécies de plantas daninhas resistentes a herbicidas detectadas no Brasil até maio de 2007.

\* Resistência múltipla a dois mecanismos de ação, portanto são compatibilizados dois casos.

Fonte: HRAC, 2007.

A extensão de áreas agrícolas atualmente detectadas 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.

### **3. Recomendações gerais para prevenção e manejo da resistência**

De forma geral, para o manejo de plantas daninhas, principalmente daquelas resistentes, devemos considerar o sistema de produção como um todo (região de produção, suas características edafoclimáticas, principais culturas utilizadas e suas formas de condução entre outros), para dessa forma, entender a dinâmica das plantas daninhas, prever possíveis problemas e escolher os melhores métodos de manejo.

Todas as práticas de manejo de plantas daninhas são válidas para o manejo da resistência de plantas daninhas. Ainda, as diferentes etapas de manejo recomendadas para áreas onde a resistência está presente também são aplicáveis à condição de prevenção, dependendo a escolha das mesmas do sistema de produção utilizado na região. Desta forma, para que o sistema produtivo adotado, como um todo, mantenha-se sustentável ao longo do tempo no que diz respeito ao controle das espécies de plantas daninhas presentes na área, é de fundamental importância que o manejo dos problemas existentes e a prevenção da manifestação de novos casos sejam etapas perfeitamente alinhadas dentro do próprio sistema. Quando falamos de prevenção, entende-se, que o objetivo é que a planta daninha resistente não atinja ou que demore em atingir a frequência crítica (20- 30% da população da planta daninha) e quando se trata de manejo, o objetivo é que diminua o número de plantas daninhas resistentes na área (abaixo da frequência crítica).

Para escolha da melhor alternativa para prevenção e/ou manejo de plantas daninhas resistentes, além do sistema de pro-

dução, é importante conhecer os fatores que afetam a evolução da resistência de plantas daninhas (Genéticos, Bioecológicos e Agronômicos). Desses fatores, os genéticos e bioecológicos são de difícil manipulação para o manejo da resistência, porém de grande importância na avaliação de potencial de risco da resistência. Sendo assim, apenas os fatores agronômicos podem ser manipulados pelo homem na implementação de estratégias de prevenção e/ou manejo da resistência. Ainda, antes de escolher a melhor alternativa, é de suma importância conhecer as bases para prevenção e manejo da resistência.

Para López-Ovejero et al. (2004), os princípios básicos que devem nortear a escolha de estratégias visando a prevenção e manejo da resistência são:

**A) Manejo do banco de sementes de plantas daninhas:** 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/ou dormentes nos solos agrícolas por muitos anos. Uma maneira de reduzi-la é evitando a adição de novos propágulos (ex. biótipos resistentes), através do controle da produção de sementes de plantas daninhas. Quando não se permite a produção de sementes através das diferentes estratégias de manejo, observa-se um rápido declínio populacional das plantas daninhas, reduzindo a 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. No entanto, 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 (Christoffoleti, 2001). No caso específico dos biótipos

resistentes, o banco de sementes nos primeiros anos após a detecção da resistência é muito grande, o que dificulta seu manejo até com estratégias alternativas. O biótipo resistente uma vez estabelecido no banco de sementes, o problema pode permanecer por um longo período de tempo e, às vezes, indefinidamente.

**B) Diminuir a pressão de seleção dos herbicidas:** 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 (Boerboom, 1999). Assim, a prevenção e/ou manejo da resistência de plantas daninhas a herbicidas no sistema de produção exige o conhecimento detalhado da classificação quanto a modo e mecanismo de ação, espectro de ação, eficácia, características físico-químicas dos herbicidas, além das diferentes opções de uso no planejamento das culturas.

**C) Adaptabilidade ecológica das plantas daninhas resistentes:** Uma possível diminuição na adaptabilidade ecológica da planta resistente tem conseqüências diretas na competitividade do biótipo e, portanto, na sua dinâmica dentro da população, afetando diretamente as estratégias de manejo da resistência. Assim, quando o fator de pressão de seleção é eliminado a freqüência gênica do biótipo resistente diminui rapidamente no banco de sementes devido a sua menor adaptabilidade, facilitando seu manejo. No entanto, a mesma adaptabilidade ecológica do biótipo resistente e suscetível, como mostrada pelos herbicidas inibidores da ALS e ACCase indica que ocupam nichos semelhantes no ambiente. Dessa forma, estratégias preventivas de resistência devem ser adotadas, pois, uma vez estabelecida uma população resistente, naturalmente ela não retorna para uma freqüência original de suscetibilidade (Christoffoleti, 2001).

**D) Resistência cruzada negativa.** Trata-se de uma resistência onde, o mecanismo bioquímico ou morfológico presente confere

a determinado biótipo resistência a um herbicida ou ao grupo químico de mesmo mecanismo de ação e, concomitantemente, provoca neste biótipo maior suscetibilidade a outros mecanismos de ação. Esta forma de resistência foi observada por Gadamski et al. (2000) estudando um biótipo de *Echinochloa crussgalli* resistente às triazinas que é mais sensível aos inibidores da ACCase que o biótipo suscetível. Esse fenômeno pode contribuir de forma positiva para o manejo.

#### **4. Principais estratégias para prevenção e manejo de plantas daninhas resistentes aos herbicidas**

O manejo de plantas daninhas em uma propriedade deve ser levado em consideração a longo prazo, através de um sistema integrado de manejo que utilize estratégias não químicas e químicas de prevenção e manejo da resistência. As estratégias não químicas (métodos culturais, físicos, mecânicos), provocam a mortalidade de ambos os biótipos de plantas daninhas, assim a pressão de seleção é mantida, a menos que existam diferenças de adaptabilidade ecológica entre os biótipos (Boerboom, 1999). As estratégias químicas podem ser utilizadas para reduzir a pressão de seleção, através do planejamento criterioso da utilização dos herbicidas de diferentes mecanismos de ação, diminuindo os riscos de resistência e mantendo a diversidade de biótipos no banco de sementes do solo. Portanto, é necessário alterar constantemente as práticas normalmente utilizadas para o manejo de plantas daninhas, visando evitar ou retardar o aparecimento de plantas daninhas resistentes (Gressel & Segel, 1990). Sendo assim, 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. As principais estratégias são descritas a seguir:

## **4.1. Rotação de culturas**

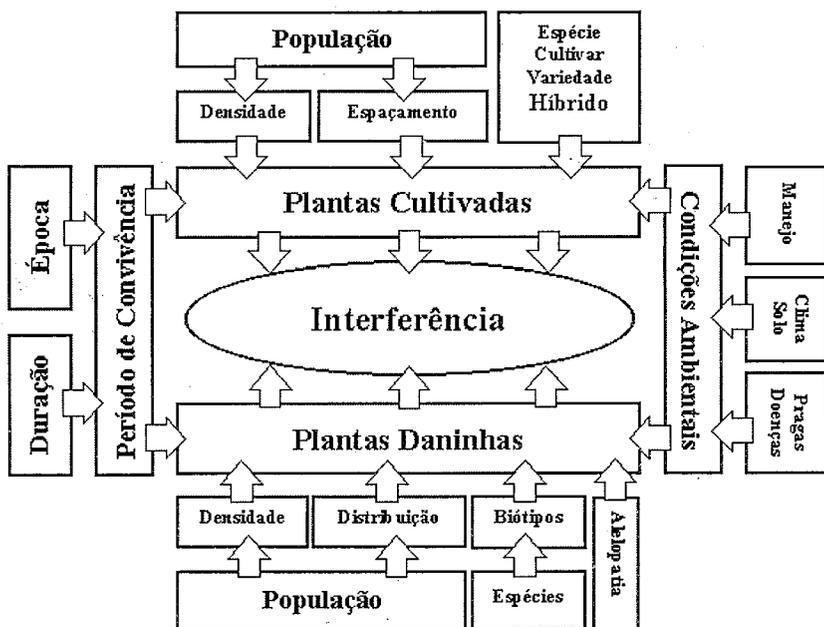
A rotação de culturas é a base para prevenção e manejo da resistência porque permite ao produtor utilizar práticas químicas e não químicas. A rotação de culturas, particularmente aquelas que utilizam culturas com diferentes ciclos de vida, reduz o sucesso intrínseco das plantas daninhas, que estão sincronizadas com a cultura anterior, implicando na variação dos padrões de uso do solo e da interferência das plantas daninhas. A rotação de culturas é pouco provável que elimine o uso de herbicidas e a pressão de seleção em sistemas de cultivo, mas pode ser utilizada para reduzir a utilização de herbicida ou do mesmo herbicida no decorrer dos anos. Algumas das práticas que podem ser implementadas são: i) semeadura de diferentes culturas nas safras (culturas, pastagens e forrageiras); ii) semeadura de diferentes culturas nas safras que permitam a utilização de herbicidas de diferentes mecanismos de ação ou não utilizam herbicidas; iii) semeadura de diferentes culturas que permitam nas safras a utilização de métodos alternativos de controle (diferentes do químico). Infelizmente uma série de aspectos econômicos e muitas vezes de regulamentação governamental limitam a implementação destas medidas (Christoffoleti, 1998).

## **4.2. 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 conhecimento da habilidade de competição das espécies utilizadas na agricultura ou a mudança no arranjo espacial podem aumentar a competição das culturas com as plantas daninhas, o que poderia ter um

efeito na necessidade de utilização de herbicidas (dose ou frequência de aplicação).

A interferência das plantas daninhas sobre as culturas pode aparecer em diferentes magnitudes, cuja variação é função de características próprias da comunidade infestante, da cultura agrícola, da época e extensão dos períodos de convivência, de características edafo-climáticas do meio e das técnicas de manejo adotadas (Figura 3). Conhecer as interações entre esses fatores pode ajudar na escolha das melhores estratégias de manejo de populações de plantas daninhas.



**Figura 3.** Modelo esquemático dos fatores que afetam a interferência entre as culturas e a comunidade infestante. Adaptado de Pitelli (1985).

Ainda, sabe-se que a interferência é muito mais significativa em períodos específicos, denominados **períodos de interferência**, onde os métodos de controle devem ser administrados

eficientemente. Existem três períodos de interferência, obtidos experimentalmente, com denominações tradicionais. O primeiro destes é chamado de **PAI** – período anterior à interferência; outro período extremo é chamado de **PTPI** – período total de prevenção da interferência; o intervalo existente entre o PAI e o PTPI recebe a denominação de **PCPI** – período crítico de prevenção da interferência, onde, efetivamente, a cultura deve ser conduzida sem a presença das plantas daninhas para que o rendimento seja assegurado (Tabela 4). Assim, o período residual de controle dos herbicidas deve ser até o final do PTPI para evitar maior pressão de seleção sobre a população de plantas daninhas.

Cultura		Períodos de Interferência das Plantas Daninhas		
		PAI	PTPI	PCPI
Algodão	Dias*	10-30	20-60	15-60
Arroz	sequeiro (dias)	20-40	40-60	30-50
	irrigado (dias)	10-15	30-45	10-45
Feijão	Dias	15-35	30-50	15-45
	fenologia	V2-V4	R5-R6	V2-R6
Milho	safra – dias	15-20	40-45	15-45
	safra – fenologia	V2-V3	V6-V8	V2-V7
	safra – graus-dia (GD)	120-250	250-420	150-400
	safrinha – graus-dia (GD)	130-300	350-500	200-400
Soja	Dias	10-20	35-45	15-45
	fenologia	V2-V4	R3-R4	V2-R3
Trigo	Dias	10-15	40-50	10-45

**Tabela 4.** PAI, PTPI e PCPI das plantas daninhas sobre as principais grandes culturas agrícolas. Valores médios obtidos na literatura disponível.

\* dias contados à partir da emergência da cultura.

O conhecimento dos conceitos de períodos de interferência facilita o processo de tomada de decisão sobre o método de controle de plantas daninhas a ser adotado. Vale lembrar que tanto maior será a interferência das plantas daninhas quanto mai-

or for o período de convivência com a cultura e, também, a interferência será mais significativa quanto mais precoce for a germinação da comunidade infestante quando comparada com a germinação das plantas cultivadas. Assim, os estudos de adaptabilidade ecológica dos biótipos e de competição entre os biótipos e a cultura, para os diferentes casos de resistência detectados no Brasil podem contribuir para a melhor compreensão da interação entre a cultura e as plantas daninhas resistentes e realizar recomendações de manejo mais eficientes.

#### **4.3. Método mecânico**

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 mecânico pode substituir o manejo químico ou; pode ser realizado o cultivo nas entrelinhas e aplicação de herbicidas apenas na linha de cultura reduzindo a utilização do mesmo e diminuindo a pressão de seleção. Também, o cultivo primário de preparo do solo reduz a pressão de seleção por causa do enterrio das sementes de plantas daninhas recém produzidas. Em algumas situações, a aração feita anualmente não é recomendável, mas aração rotacional, uma vez a cada quatro a cinco anos, pode ser uma alternativa viável, pois com isso muda a flora de plantas daninhas existentes através de uma maior diversificação de espécies (Cussan & Moss, 1982).

#### **4.4. Método químico**

O manejo racional e correto dos herbicidas é fundamental para prevenir e/ou manejar a resistência de plantas daninhas, diminuindo a pressão de seleção dos mesmos sobre a população de plantas daninhas. É de fundamental importância, para realizar uma recomendação adequada de manejo químico, conhecer o tipo de resistência (cruzada ou múltipla), o mecanismo de resistência e as características dos herbicidas, entre elas, o risco de

desenvolvimento de resistência do mesmo (quanto mais específico o mecanismo de ação, maior risco). Vale lembrar, que o primeiro passo para manejar a resistência a herbicidas é a detecção precoce da mesma (Monitoramento da evolução inicial da resistência). As principais recomendações no manejo de herbicidas são:

i) Aprimorar a tecnologia de aplicação otimizando a dose, época e número de aplicações, reduzindo assim o uso desnecessário de herbicidas;

ii) Acompanhar os resultados das aplicações dos herbicidas, deixando pequenas áreas testemunhas sem aplicação, a fim de detectar quaisquer tendências ou mudanças na densidade populacional das plantas daninhas presentes;

iii) Aplicar herbicidas somente quando necessário (garantizar o controle no PCPI), permitindo níveis mínimos de infestação que não causem danos significativos à cultura (nível de dano econômico - NDE);

iv) Utilizar herbicidas de baixa atividade residual no solo (até PTPI);

v) Evitar a utilização de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação 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;

vi) Rotação de herbicidas com mecanismos de ação diferenciados e/ou com diferentes mecanismos de metabolização, porém efetivos sobre o mesmo espectro de plantas daninhas. 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);

vii) Utilizar mistura de herbicidas (de tanque, formuladas ou aplicações seqüenciais), sendo que a mesma está baseada no fato de que os ingredientes ativos controlam eficientemente os dois biótipos da mesma espécie e apresentam o mesmo residual.

No entanto, a estratégia de rotação ou mistura de herbicidas é muitas vezes impraticável, já que os herbicidas alternativos não apresentam os mesmos custos e eficácia de controle da planta daninha resistente quando comparados aos normalmente recomendados (Peterson, 1999). Ainda, podem ser diferentes na sua tolerância por parte da cultura e espectro de plantas daninhas controlado. Todavia, cada herbicida apresenta características físico-químicas e momento de aplicação particulares. Por exemplo, para manejo de *Digitaria ciliaris* resistente aos herbicidas inibidores da ACCase, aplicado em pós-emergência, são recomendados herbicidas pré-emergentes, para os quais, as doses recomendadas devem ser baseadas na textura do solo, teor de matéria orgânica e dinâmica na palha, o que dificulta seu manejo. Adicionalmente, algumas misturas recomendadas, podem não ser compatíveis na mistura de tanque (Olsen et al., 1996) ou na rotação de culturas (Bourgeois et al., 1997). Um detalhe que pode complicar a recomendação do herbicida é o momento quando a resistência é detectada, as medidas de manejo para lavouras onde o problema é detectado na safra em andamento são muito mais complexas que aquelas onde o problema foi detectado na safra anterior.

No decorrer de uma safra agrícola, dependendo do sistema de produção utilizado, temos diferentes momentos possíveis de manejo de plantas daninhas com herbicidas que apresentam diferentes mecanismos de ação. Logicamente para cada cultura as possibilidades são diferentes dependendo do manejo agrônômico mais indicado e dos produtos registrados para a mesma. Os diferentes momentos são comentados a seguir:

**- Manejo de plantas daninhas na dessecação:** Nas áreas de implantação das culturas, sob sistema de plantio direto, temos oportunidade de utilizar herbicidas com diferentes mecanismos de ação. Nesse momento podemos utilizar o herbicida glifosato isolado ou em mistura com herbicidas que apresentam mecanismos de ação alternativos como o 2,4-D (sistêmico) ou herbicidas residuais como chlorimuron, flumioxazin, clomazone, sulfentrazone. Outra possibilidade é o herbicida paraquat (contato, sem efeito residual no solo e não pode ser utilizado em mistura com glifosato). A utilização de herbicidas residuais podem proporcionar alguns benefícios além do manejo da resistência: Vantagem competitiva às plantas de soja em relação aos primeiros fluxos de emergência de plantas daninhas; Redução na necessidade de aplicação de herbicidas pós-emergentes seletivos após a implantação da cultura de soja; Garantia de produção de soja sem interferência das plantas daninhas e infestações tardias de plantas daninhas; Seletividade garantida para a cultura em relação aos herbicidas residuais; Não inviabilização da tecnologia de uso de culturas geneticamente modificadas resistentes ao herbicida glyphosate.

**- Manejo de plantas daninhas durante o período crítico de competição:** São utilizados herbicidas seletivos em pré e/ou pós-emergência ou não seletivos com aplicação localizada que apresentem mecanismos de ação alternativos. Esta prática permite evitar a interferência de plantas daninhas resistentes e suscetíveis.

**- Manejo de plantas daninhas na pré-colheita das culturas:** A utilização de herbicidas como diquat ou amônio-glufosinato nas culturas de soja ou feijão na pré-colheita tem permitido a redução na produção de sementes das plantas daninhas de forma a evitar a dispersão (“chuva de sementes”) de possíveis plantas daninhas resistentes, além da uniformização da maturação e antecipar a colheita.

**- Manejo de plantas daninhas na pós-colheita das culturas (entressafra):** O manejo do banco de sementes de plantas daninhas suscetíveis e resistentes na entressafra pode ser uma importante estratégia para diminuir os efeitos competitivos na safra. A utilização de herbicidas não seletivos como glyphosate, paraquat podem ser ferramentas importantes já que não afetam a rotação de culturas.

**- Manejo de plantas daninhas com 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.

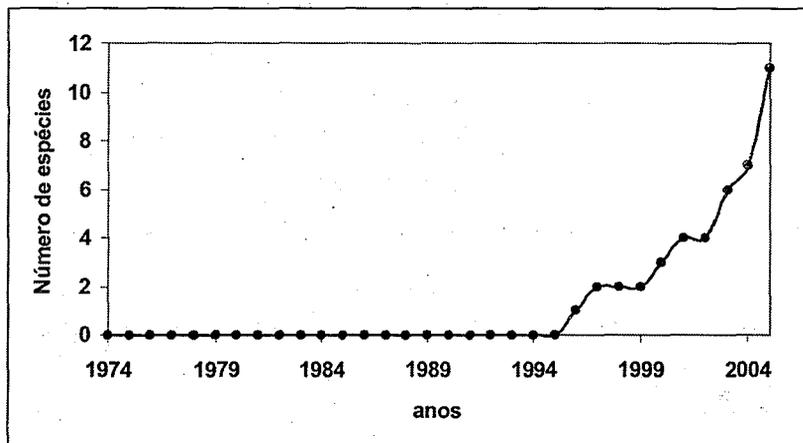
## **5. Características da resistência em diferentes mecanismos de ação**

### **5.1 Glyphosate**

O glyphosate é um herbicida não-seletivo, de ação sistêmica, que vem sendo utilizado na agricultura a mais de 20 anos. É o herbicida de maior importância mundial e isso se deve a sua grande versatilidade de uso na agricultura. Desde sua introdução em 1974, a utilização do glyphosate aumenta ano a ano no mundo. Dentre os principais fatores que levaram o glyphosate ao posto do herbicida mais utilizado mundialmente, são destacadas características como: amplo espectro de controle, controlando eficientemente plantas daninhas anuais e perenes; custo relativamente baixo; baixa toxicidade ao homem e rápida degradação no ambiente (Padgett et al., 1995).

A partir de 1996, técnicas de engenharia genética impulsionaram o surgimento de culturas geneticamente modificadas, tolerantes ao glyphosate, aumentando ainda mais a sua utilização no mundo (Padgett et al., 1996). O glyphosate, que antes da

introdução de culturas tolerantes era aplicado aproximadamente uma vez no ano, na época de pré-semeadura das lavouras, após a introdução das culturas geneticamente modificadas, passou a ser aplicado em frequência mais intensa, elevando a pressão de seleção exercida pelo herbicida na seleção de plantas resistentes (figura 4).



**Figura 4.** Evolução da resistência de plantas daninhas ao herbicida glyphosate desde sua introdução no mundo (Heap, 2006).

### 5.1.1. Mecanismos de resistência

Diversas pesquisas têm sido conduzidas nos últimos anos com o objetivo de elucidar o mecanismo de resistência de plantas daninhas ao glyphosate, sendo que o assunto ainda não está completamente esclarecido. Dois mecanismos de resistência já foram parcialmente elucidados, sendo eles: a reduzida translocação do glyphosate para as zonas meristemáticas da planta e a alteração no sítio de ação do herbicida na planta, fazendo com que o sítio de ação do herbicida não seja mais inibido pelo glyphosate (Powles & Preston, 2006).

As enzimas inibidas pela ação de herbicidas em plantas são definidas como sendo o sítio de ação do produto, dessa for-

ma os herbicidas podem ser classificados pela inibição de enzimas específicas. A resistência conferida pela alteração no sítio de ação do herbicida, ocorre por meio de mutação gênica, de forma que a enzima antes suscetível à ação do herbicida não mais apresenta afinidade com a molécula do herbicida. Para que a mutação gênica não interfira na evolução da resistência dentro da espécie, de forma a crescer o número de indivíduos resistentes dentro da população, é necessário que o funcionamento da enzima continue substancialmente normal, de forma também a não afetar significativamente a adaptabilidade ecológica dessas populações resistentes.

#### **5.1.1.1 Alteração no sítio de ação do herbicida**

Os primeiros registros de resistência ao glyphosate envolvendo a alteração no sítio de ação foram realizados em populações resistentes de *Eleusine indica* da Malásia. Na Malásia já foram detectados diversas populações resistentes de *Eleusine indica*, cuja causa está relacionada com a redução de 66% no preço do glyphosate, no ano de 1994. Isso proporcionou o aumento de sua utilização nas lavouras, aumento na dose aplicada e, o mais importante, aplicação mais freqüente nas lavouras (Lee & Ngim, 2000).

Trabalhos identificaram uma alteração no sítio de ação do herbicida como sendo a responsável pela resistência de algumas populações de *Eleusine indica* da Malásia. Baerson et al. (2002), verificaram que a concentração necessária para inibir a ação da enzima EPSPs na população resistente era 5-6 vezes maior quando comparada com a população suscetível de *Eleusine indica*, verificando também que a atividade específica da enzima continuava a mesma e que a aplicação de glyphosate não induzia as plantas resistentes a produzirem mais EPSPs, fazendo com que o mecanismo de resistência fosse estabelecido como sendo uma menor sensibilidade da enzima nas populações resistentes.

A redução da habilidade do glyphosate em inibir a ação da enzima EPSPs foi verificada através de uma mutação gênica no aminoácido 106, a substituição de uma prolina por uma serina (Pro106-Ser). Resultados estes considerados interessantes, pois a mesma mutação (Pro106-Ser), em estudos mutagênicos laboratoriais, levou a níveis moderados de resistência em *Salmonella* e *Petúnia* (Comai et al., 1983; Padgett et al., 1991).

Estudos paralelos com outras populações resistentes de *Eleusine indica* da Malásia observaram a ocorrência da mesma mutação (Pro106-Ser) na mesma posição do gene da EPSPs. Essa pesquisa verificou também que a substituição da prolina na mesma posição por uma tirosina (Pro106-Tir), também propicia a menor sensibilidade da enzima ao glyphosate (Ng et al., 2003; 2004; 2005).

A mutação no aminoácido Pro106 da EPSPs de *Eleusine indica* também foi encontrada em populações resistentes de *Lolium rigidum* da Austrália (Wakelin & Preston, 2005) e do Chile (Perez-Jones et al., 2005). A ocorrência de EPSPs insensível ao glyphosate também esta envolvida na resistência de populações de *Lolium rigidum* provenientes da Califórnia, no entanto essa mutação ainda não foi identificada (Simarmata & Penner, 2004).

Em geral, a mutação no aminoácido Pro106 faz com que as plantas resistentes apresentem níveis moderados de resistência. Ainda, é importante observar que a sobrevivência de plantas resistentes à aplicação do glyphosate em doses comerciais faz com que em áreas com altas pressões de seleção, no caso de uso intensivo do glyphosate, resulte em um aumento expressivo de plantas resistentes. Todos os mecanismos de resistência que contribuem para uma sobrevivência das plantas terão um aumento expressivo na população caso a pressão de seleção do herbicida seja grande (Powles & Preston, 2006).

Um fator importante a ser considerado com relação às mutações gênicas na EPSPs que conferem resistência ao glyphosate, é se essas mutações afetam a adaptabilidade ecológica das plantas. Estudos realizados com *Eleusine indica* evidenciaram algumas diferenças, mas nada evidente que comprove uma diminuição da adaptabilidade ecológica das plantas resistentes (Ismail et al., 2002; Lee, 1999).

### 5.1.1.2. Translocação diferenciada

Outro mecanismo de resistência encontrado por pesquisadores está relacionado com a translocação diferenciada nas plantas daninhas resistentes. Sabe-se que os padrões de translocação do glyphosate nas plantas são parecidos com os dos fotoassimilados (Arnaud et al., 1994). Sabe-se também que essa grande facilidade de translocação dentro das plantas esta associada com a eficácia do produto (Claus & Behrens, 1976), portanto é possível concluir que a alteração nos padrões de translocação do glyphosate dentro das plantas resultaria na obtenção de plantas resistentes.

Estudos com populações resistentes de *Lolium rigidum* da Austrália, apresentaram padrões de translocação diferentes entre a população suscetível e a resistente. Na população suscetível, o glyphosate translocou-se mais para os tecidos inferiores da planta (raízes), enquanto que nas plantas resistentes a translocação do glyphosate foi direcionada para as pontas das folhas tratadas com pouca translocação para as raízes (Lorraine-Colwill et al., 2002).

Desde então, diversas populações de *Lolium* foram identificadas possuindo os mesmos padrões diferenciais de translocação entre as populações resistentes e suscetíveis. Ainda, não apresentaram nenhuma outra diferença quanto à sensibilidade da enzima ao herbicida ou outros fatores que possam ser con-

siderados como possíveis mecanismos de resistência, evidenciando assim que a translocação reduzida para os pontos de crescimento da planta é o possível mecanismo de resistência envolvido.

Segundo Powles & Preston (2006), é esperado que diferentes mecanismos de resistência sejam encontrados nas populações resistentes de *Lolium*, principalmente por ser uma espécie que apresenta uma grande diversidade genética.

Trabalhos desenvolvidos com populações resistentes de *Conyza canadensis* mostraram que as plantas resistentes apresentam dificuldade de exportar o glyphosate para outras partes da planta, o que não acontece com as plantas suscetíveis (Feng et al., 2004; Koger & Reddy, 2005). Ainda não se sabe quais as características bioquímicas e moleculares que levam essa translocação diferencial do glyphosate.

Segundo Pedersen et al. (2006), a translocação diferencial em plantas pode significar algum prejuízo na adaptabilidade ecológica das plantas resistentes de *Lolium*. Com relação a *Conyza canadensis*, não existe nenhum relato informando tais prejuízos.

Em ambos os mecanismos de resistência parcialmente elucidados até o momento, a herdabilidade da resistência é função de um único gene, de caráter semi-dominante (Powles & Preston, 2006). Provavelmente, mais mecanismos de resistência serão documentados no futuro.

## **5.2. Herbicidas inibores da Protox**

Os herbicidas inibidores da protoporfirinogênio oxidase (Protox) são importantes componentes no manejo de plantas daninhas em diversas culturas agrícolas, tais como: soja, feijão, cana-de-açúcar, algodão, café e arroz. No mundo, os inibidores da Protox têm sido utilizados rotineiramente para o controle de

plantas daninhas há pelo menos duas décadas, contudo, até recentemente, não haviam casos relatados de resistência envolvendo estes herbicidas (Li et al., 2004).

Para Vidal et al. (1999), os herbicidas inibidores de Prototox são produtos comumente indicados para auxiliar na prevenção da resistência de outros mecanismos de ação. Contudo, no mundo, já existem três casos confirmados de plantas daninhas resistentes a herbicidas com este mecanismo de ação (*Amaranthus rudis*, *Ambrosia artemisiifolia* e *Euphorbia heterophylla*), sendo que um deles foi identificado em lavouras de soja brasileiras (*E. heterophylla*) (Weed Science, 2006).

Atualmente, no Brasil, existem nove moléculas herbicidas classificadas no GRUPO E (inibidores da Prototox) que são registradas para o controle de plantas daninhas em culturas agrícolas. Os principais ingredientes ativos, disponibilizados de forma isolada ou em mistura, são: acifluorfen-sódio, carfentrazone-ethyl, flumiclorac-pentyl, flumioxazin, fomesafen, lactofen, oxadiazon, oxyfluorfen e sulfentrazone (Rodrigues & Almeida, 2005).

## 6. 2.1 Mecanismos de Resistência

A primeira planta daninha a apresentar resistência aos herbicidas inibidores da Prototox foi uma espécie de caruru (*Amaranthus rudis*), nos Estados do Kansas e Illinois (EUA), nos anos de 2001 e 2002, respectivamente (Weed Science, 2006). Em seguida, tem-se o relato de resistência de amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla*), identificado em áreas produtoras de soja dos Estados brasileiros do Paraná e Santa Catarina, em 2003 (Trezzi et al., 2005). O relato mais atual envolve a espécie *Ambrosia artemisiifolia*, planta daninha conhecida no Brasil como ambrósia ou cravorana. A resistência desta espécie aos inibidores da Prototox foi identificada no Estado de Delaware (EUA), em 2005 (Weed

Science, 2006). Curiosamente, até o momento, todos os biótipos de plantas daninhas resistentes aos herbicidas inibidores da Protox foram encontrados em áreas de produção de soja e também se apresentaram resistentes aos herbicidas inibidores da ALS, caracterizando casos de resistência múltipla Protox-ALS (Weed Science, 2006). Provavelmente, esta observação é consequência da adoção de herbicidas inibidores da Protox como mecanismo de ação alternativo aos inibidores da ALS, e vice-versa, contribuindo para a seleção de resistência a ambos os mecanismos.

Shoup et al. (2003), conduziram trabalho em que foi avaliada a resistência de *A. rudis* aos herbicidas inibidores da Protox e ALS. Inicialmente, observaram injúrias foliares leves e redução do crescimento do meristema apical causadas pelos inibidores da Protox, contudo as plantas resistentes apresentaram recuperação a partir dos 14 dias após aplicação (DAA). O biótipo de planta daninha resistente aos inibidores da Protox foi aproximadamente 34, 82, 8 e 4 vezes mais resistente aos herbicidas acifluorfen, lactofen, fomesafen e sulfentrazone, respectivamente, quando comparado com o biótipo suscetível. O biótipo resistente de *A. rudis* também apresentou maiores níveis de resistência que o biótipo suscetível aos herbicidas thifensulfuron e imazethapyr (inibidores da ALS). Na Tabela 5 estão apresentados os níveis de resistência ( $GR_{50\text{res}} / GR_{50\text{sus}}$ ) disponíveis na literatura para os biótipos de *A. rudis* resistentes aos inibidores da Protox.

Herbicidas	Valores de $GR_{50}$		R/S	Autores
	Resistente	Suscetível		
Acifluorfen	58,8	6,2	9,5	Li et al., 2004
	174,5	6,2	28,0	
	308,0	49,0	6,3	Falk et al., 2006
Lactofen	37,3	3,5	11,0	Li et al., 2004
	153,0	3,5	44,0	
	285,0	108,0	2,6	Falk et al., 2006
Fomesafen	406,0	165,0	2,5	Falk et al., 2006

**Tabela 5.** Comparação dos biótipos de *Amaranthus rudis* resistente e suscetível aos inibidores da Protox quanto aos valores de  $GR_{50}$  e níveis de resistência (R/S).

Com relação ao estágio de desenvolvimento, Falk et al. (2006) compararam a reposta de biótipos resistentes de *A. rudis* quanto à aplicação de herbicidas inibidores da Protox em condição de pré e pós-emergência. Observaram que as aplicações em pré-emergência foram mais eficientes no controle do biótipo resistente, o que também foi observado por Shoup & Al-Khatib (2004). Ainda, Falk et al. (2006) concluíram que a resistência de biótipos de plantas daninhas aos inibidores da Protox torna-se mais expressiva a partir do estágio de 4-6 folhas.

Trezzi et al. (2005) comprovaram a ocorrência de biótipos de *E. heterophylla* resistentes aos herbicidas inibidores da Protox (fomesafen) e ALS (imazethapyr), por meio de curvas de dose-resposta, em casa-de-vegetação. Ainda, controles insatisfatórios foram obtidos com aplicação dos herbicidas acifluorfen, lactofen, flumiclorac, nicosulfuron, cloransulan e metsulfuran sobre o biótipo resistente.

Experimentos em casa-de-vegetação foram conduzidos para avaliar a resistência de *A. artemisiifolia* aos herbicidas inibidores da Protox e ALS. Constatou-se que os biótipos resistentes desta planta daninha não foram adequadamente controlados pelos herbicidas acifluorfen, carfentrazone, chlorimuron, cloransulam, flumiclorac, flumioxazin, fomesafen, halosulfuron, imazamox, imazapyr, imazaquin, imazethapyr, iodosulfuron, lactofen, metsulfuron, oxyfluorfen, primisulfuron, pyraflufen, pyriithiobac, sulfentrazone e trifloxysulfuron (Weed Science, 2006).

Em geral, a tolerância natural de espécies vegetais aos herbicidas inibidores da Protox está relacionada com o rápido metabolismo do herbicida nas plantas (comumente via citocromos

P-450 ou conjugação com glutathiona), porém também pode haver menor absorção foliar ou radicular, menor translocação, superprodução ou insensibilidade enzimática e sequestração do herbicida.

Para avaliar a participação da atividade metabólica (P-450) na menor resposta dos biótipos resistentes de *A. rudis* aos inibidores da Protox, Shoup et al. (2003) realizaram aplicação conjunta dos herbicidas com um inseticida organofosforado (malathion ou diazinon). Contudo, não foram observadas diferenças de danos causados pelos herbicidas entre as plantas que foram tratadas com os inseticidas e aquelas não-tratadas. Estes resultados sugerem que o metabolismo diferencial não está relacionado com a resistência aos inibidores da Protox.

Da mesma forma, Shoup & Al-Khatib (2005) não observaram diferenças quanto à absorção, translocação ou metabolismo dos herbicidas inibidores da Protox entre os biótipos resistente e suscetível de *A. rudis*. Trabalhando com outros biótipos de *A. rudis* resistentes aos inibidores da Protox, Li et al. (2004) observaram que o acúmulo de protoporfirina-IX no citoplasma celular das plantas resistentes tratadas com os herbicidas foi menor quando comparado com as plantas suscetíveis. Em geral, os mecanismos de resistência de biótipos de plantas daninhas resistentes aos herbicidas inibidores da Protox ainda não estão completamente esclarecidos, restando diversas possibilidades a serem testadas (Shoup & Al-Khatib, 2005; Weed Science, 2006). Também não foram encontrados relatos de diferenças de adaptabilidade ecológica entre os biótipos resistente e suscetível aos herbicidas inibidores da Protox.

### **5.3. herbicidas inibidores da ACCase**

Os herbicidas inibidores da ACCase, comumente chamados de “graminicidas”, são utilizados para o controle de plantas

daninhas do tipo gramíneas (nome popular dado às plantas pertencentes à família *Poaceae*), perenes e anuais, em condições de pós-emergência. Esses herbicidas são geralmente recomendados para culturas pertencentes à classe das dicotiledôneas, principalmente a cultura da soja. Os mesmos são divididos em dois grupos químicos: os ariloxifenoxipropionatos (APP) e as ciclohexanodionas (CHD) (Harwood, 1999) que, embora apresentem diferenças em suas estruturas químicas, possuem afinidade pelo mesmo sítio de ação na ACCase (Rendina et al., 1989). Os principais herbicidas do grupo dos APP são: quizalofop-p-ethyl, propaquizafop, fluazifop-p-butyl, haloxyfop-p-methyl, clodinafop propargyl, cyalofop-butyl, diclofop-methyl, fenoxaprop-p-ethyl e dos CHD: butroxydim, alloxydim, clefoxydim, clethodim, tralkoxydim, tepraloxyn, sethoxydim, cicloxydim.

### **5.3.1. Mecanismo de resistência das plantas daninhas aos herbicidas inibidores da ACCase**

Entre as plantas daninhas resistentes, considera-se que aquelas que resistem a este grupo de herbicidas têm muita importância econômica, devido à área infestada e, principalmente, ao número restrito de herbicidas com mecanismos alternativos para seu manejo. Os biótipos resistentes aos herbicidas inibidores da ACCase podem surgir após seis a dez anos de pressão de seleção (Devine, 1997). Esse fato está relacionado com a elevada frequência inicial ( $10^{-6}$  plantas) que apresenta o biótipo resistente na natureza para este grupo de herbicidas (Vidal & Fleck, 1997). Até o ano de 2006, os casos documentados de biótipos de plantas daninhas resistentes para esse mecanismo de ação, no mundo, foram de 35 (Weed Science, 2006). No Brasil, até o presente momento, foram identificadas três espécies de plantas daninhas que apresentaram casos de seleção de biótipos resistentes a esse mecanismo de ação na cultura de soja: o capim-marmelada

(*Brachiaria plantaginea*) (Gazziero et al., 1997; Vidal & Fleck, 1997; Cortez, 2000), o capim-colchão (*Digitaria ciliaris*) (Cortez et al., 2002; López Ovejero, 2006) e o capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) (Vidal et al., 2006).

Embora existam vários mecanismos de resistência associados aos herbicidas inibidores da ACCase, a maioria dos casos estudados demonstram que a resistência é consequência da insensibilidade enzimática (De Prado et al., 2004; Volemborg & Stoltenberg, 2002). Apesar de que os herbicidas CHD e APP possuem afinidade pelo mesmo sítio de ação na ACCase (Rendina et al., 1989), a ocorrência de diferentes locais de mutação na enzima (Tal et al., 1996; Shukla et al., 1997), conferem diferentes tipos e níveis de resistência aos herbicidas APP e CHD. Sendo assim, os graus de resistência dentro das espécies e dos biótipos são variáveis, sendo comum encontrar padrões diferenciados de resistência cruzada (Devine, 1997). As mutações podem ser agrupadas da seguinte forma: a) alta resistência ao sethoxydim e baixa a outros herbicidas (ex: biótipos de *Setaria* spp. e *Avena fatua*); b) alta resistência ao fluazifop e baixa a outros (ex: biótipos de *Lolium rigidum*, *Eleusine indica* e *Alopecurus myosuroides*); c) relativamente alta resistência aos APP e muito baixa ou nenhuma resistência a CHD (ex: biótipos de *Lolium rigidum*, *Avena fatua* e *Lolium multiflorum*); d) uma ou mais mutações conferem níveis intermediários de resistência a ambos grupos (ex: biótipos de *Avena fatua*); e) alta resistência a ambos grupos de herbicidas (Ex: biótipos de *Avena fatua*) (Bourgeois et al., 1997; Devine, 1997). Até hoje, o local de mutação na maioria dos biótipos resistentes a ACCase estudados, resultam na mudança do aminoácido isoleucina por leucina na posição 1781, na enzima ACCase, conferindo resistência aos herbicidas APP e CHD (principalmente ao sethoxydim) (Délye et al., 2003; Kaundun & Windass, 2004).

Trabalhos conduzidos no Brasil por Gazziero et al. (2000) e Christoffoleti et al. (2001) para *Brachiaria plantaginea*; López Ovejero (2006) para *Digitaria ciliaris* e Vidal et al. (2006) para *Eleusine indica*, observaram diferentes níveis de resistência cruzada aos herbicidas inibidores da ACCase. Em trabalho conduzido por Gazziero et al. (2004), o biótipo de capim-marmelada estudado foi classificado como sendo resistente ao herbicida sethoxydim e suscetível ao clethodim e tepraloxydim. Os autores afirmam, ainda, que os resultados encontrados para o biótipo estudado podem não se expressar nos demais biótipos resistentes da espécie. López Ovejero (2006) trabalhando com uma população de capim-colchão observou resistência aos herbicidas fluazifop-p-butil, haloxyfop-r, propaquizafop e cyaholofop-butil (APP) e sethoxydin (CHD), porém com os herbicidas pertencentes a este grupo químico clethodim e teproloxydim houve controle satisfatório, comprovando assim que a população estudada apresenta resistência cruzada aos herbicidas inibidores da ACCase, principalmente aos APP, porém esta resistência cruzada não se aplica para alguns herbicidas CHD. Vidal et al. (2006) observou em capim-pé-de-galinha resistência aos herbicidas sethoxydim, fenoxaprop, cyhalofop, propaquizafop e não observou resistência cruzada aos herbicidas fluazifop, haloxyfop, quizalofop e clethodim.

Em vários casos, a resistência apresentada pelos biótipos é conferida pelo aumento do metabolismo (Hidayat & Preston, 1997; Bravin et al., 2001) do herbicida a compostos não fitotóxicos, principalmente pela maior atividade da citocromo P<sub>450</sub> monoxigenase, sendo que dentre os exemplos destacam-se biótipos de *Avena fatua*, *Eleusine indica*, *Lolium rigidum* e *Alopecurus myosuroides*. Essa característica pode conferir resistência múltipla a herbicidas de diferentes mecanismos de ação. Num biótipo de *L. rigidum*, a maior atividade da citocromo P<sub>450</sub> monoxigenase con-

feriu resistência a sulfonilurêias, triazinas, uréias substituídas e CHD (Devine, 1997). O nível de resistência resultante do aumento no metabolismo é na maioria das vezes relativamente menor quando comparado com a alteração no sítio de ação (Volenberg & Stoltenberg, 2002) e dependente do ambiente.

Em outras pesquisas, o mecanismo de resistência foi relacionado com a despolarização das membranas. O herbicida diclofop-metil despolariza rapidamente a membrana dos biótipos resistentes e sensíveis; contudo, os biótipos resistentes são capazes de reverter o processo rapidamente, enquanto nas suscetíveis a despolarização se acentua, ocorrendo o extravasamento do conteúdo celular (ex: biótipos de *Lolium rigidum* e *Avena fátua*) (Devine, 1997). Para Devine et al. (1993) a capacidade de repolarizar a membrana pode decorrer, provavelmente, da sequestração do herbicida nos vacúolos, reduzindo a concentração do mesmo no citoplasma e no cloroplasto. Ainda, Osuna et al. (2001) relatam que biótipos de *Lolium rigidum* resistentes a diclofop-metil, apresentaram absorção muito baixa do herbicida, explicando o comportamento resistente do biótipo. Sendo assim, a absorção, translocação e sequestração podem ser mecanismos de resistência para esse grupo de herbicidas.

Estudos de herança mostram que a resistência a inibidores da ACCase é controlada por um gene nuclear dominante ou semidominante (Betts et al., 1992), sendo assim, os biótipos resistentes apresentam condições de deixar como descendentes indivíduos resistentes, independentemente do tipo de fecundação da espécie. Todavia, as pesquisas realizadas até o momento mostram que a adaptabilidade ecológica não é afetada nos biótipos de plantas daninhas resistentes aos herbicidas inibidores de ACCase, sendo assim, não apresentariam desvantagem de crescimento na ausência de pressão de seleção (Devine, 1997).

Wiederholt & Stoltenberg (1996) e López Ovejero (2006) utilizando biótipos resistentes e suscetíveis aos inibidores de ACCase de *Digitaria sanguinalis* e *D. ciliaris*, respectivamente, conduziram alguns experimentos com o objetivo de determinar a produtividade e a capacidade competitiva dos mesmos. Concluíram que a habilidade intraespecífica e interespecífica dos biótipos resistentes e suscetíveis foi similar para os dois biótipos.

#### **5.4. Herbicidas inidores da ALS.**

Segundo Christoffoleti (1997), os herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) ou acetohidroxiácido sintase (AHAS) pertencem a diversos grupos químicos, dentre eles as sulfoniluréias, imidazolinonas, triazolopirimidinas e pirimidiloxitibenzoatos. Estes herbicidas apresentam como mecanismo de ação a inibição da síntese dos aminoácidos alifáticos de cadeia lateral: valina, leucina e isoleucina (Trezzi & Vidal, 2001). A via biossintética desses três aminoácidos apresenta em comum o uso de uma enzima chamada ALS, que participa na fase inicial do processo metabólico, catalizando uma reação de condensação (Christoffoleti et al., 2001a). Os herbicidas inibidores da ALS impedem que esta reação de condensação aconteça provocando, como consequência, o bloqueio na produção dos aminoácidos alifáticos de cadeia lateral. Quando o herbicida encontra-se presente dentro da célula de uma planta susceptível, ocorre uma inibição não competitiva pelo herbicida com o substrato, de tal maneira que não ocorre a formação do acetolactato, indispensável, para que as demais reações prossigam resultando na formação dos aminoácidos. A paralização na síntese dos aminoácidos leva a uma interrupção na divisão celular e paralização do crescimento (Kissmann, 2003a).

Um biótipo de planta daninha é resistente aos herbicidas inibidores da ALS devido a uma alteração do gene responsável

pela codificação dessa enzima (Shaner, 1991). A seqüência de aminoácidos da enzima ALS é alterada, de tal forma que estes herbicidas não conseguem mais provocar a inibição não competitiva, assim a planta resistente produz os aminoácidos alifáticos de cadeia lateral mesmo com a presença do herbicida no local de ação. No mundo, foram encontrados 95 biótipos resistentes a esse grupo de herbicidas (Weed Science, 2007).

É importante ressaltar que áreas de soja com plantas daninhas resistentes a esses herbicidas no Brasil é freqüente, em virtude da aplicação extensiva e repetitiva dos inibidores da ALS nesta cultura. Portanto, é importante que sempre seja observado o histórico da área de implantação de outras culturas, se anteriormente esta era ocupada com a cultura da soja e principalmente se existia histórico de utilização intensiva de herbicidas inibidores da ALS.

A seguir são apresentadas algumas das razões principais do elevando número de casos de resistência de plantas daninhas ao Grupo B (Inibidores da ALS) (Tranel & Wright, 2002).

**Uso repetitivo na agricultura:** devido a ampla série de recomendações possíveis destes herbicidas

**Alta eficácia:** A maioria dos herbicidas inibidores da ALS apresenta eficácia de controle elevada das plantas daninhas, atingindo níveis de controle próximos de 100%.

**Atividade residual no solo:** Muitos herbicidas inibidores da ALS apresentam residual prolongado no solo e conseqüentemente aumentam a pressão de seleção para biótipos resistentes.

**Resistência determinada geneticamente por locus simples e semi-dominante o que determina alta freqüência inicial:** Em todos os casos de resistência estudados até o momento, a resistência aos inibidores da ALS tem sido atribuída

a mudanças na seqüência dos aminoácidos em uma das cinco regiões conservadas da enzima; ou seja, nos aminoácidos 122, 197, 205, 574 e 653 (Sathasivan et al. 1990). A ALS é uma enzima composta de 670 aminoácidos e esta seqüência é codificada por um gene nuclear. As cinco regiões conservadas podem sofrer mutações pontuais na seqüência das bases aminadas, sendo que os cinco locus passíveis de mutação que resulta em resistência são simples e semi-dominantes.

**Efeitos mínimos do alelo R sobre a adaptabilidade do biótipo R na ausência do herbicida:** Trabalhos científicos têm demonstrado que os biótipos R apresentam a mesma adaptabilidade ecológica que os biótipos S aos herbicidas inibidores da ALS.

**Mutações pontuais que podem conferir resistência a um ou mais herbicidas inibidores da ALS.** A maioria dos casos de resistência aos herbicidas inibidores da ALS estudados apresenta resistência cruzada aos diversos grupos químicos de herbicidas que tem este mesmo mecanismo de ação.

## **6. Referências Bibliográficas**

ALBAN, C.; BALDET, P.; DOUCE, R. Localization and characterization of two structurally different forms of acetyl-CoA carboxylase in young pea leaves, of which one is sensitive to aryloxyphenoxypropionate herbicides. **Biochemical Journal**, n.300, p.557-565, 1994.

ARNAUD, L.; NURIT, F.; RAVANEL, P.; TISSUT, P. Distribution of glyphosate and its target enzyme inside wheat plants. **Plant Physiology**, v. 40, p.217- 223, 1994.

BAERSON, S.R.; RODRIGUEZ, D.J.; TRAN, M.; FENG, Y.; BEST, N.A.; DILL, G.M. Glyphosate-resistant goosegrass: identification

of a mutation in the target enzyme 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase. **Plant Physiology**, v. 129, p.1265–1275, 2002.

BECERRIL, J.M.; DUKE, S.O. Protoporphyrin IX content correlates with activity of photobleaching herbicides. **Plant Physiology**, v.90, p.1175-1181, 1989.

BETTS, K.J.; EHLKE, N.J.; WYSE, D.L.; GRONWALD, J.W.; SOMERS, D.A. Mechanism of inheritance of diclofop resistance in Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*). **Weed Science**, Champaign, v.40, p.184-189, 1992.

BOERBOOM, C.M. Nonchemical options for delaying weed resistance to herbicides in Midwest cropping systems. **Weed Technology**, v.13, p.636-642, 1999. BOURGEOIS, L.; KENKEL, N.C.; MORRISON, I.N. Characterization of cross-resistance patterns in acetyl-CoA carboxylase inhibitor resistant wild oat (*Avena fatua*). **Weed Science**, Lawrence, v.45, p.750-755, 1997.

BRACAMONTE, E.R.; NOVO, R.J.; RINDERSTMA, L. Impacto de la soja (*Glycine max* (L.) Merrill) transgénica em el perfil productivo agrícola en Argentina. In: DE PRADO, R.; JARRÍN, J.V. (Ed.) Uso de herbicidas en la agricultura del siglo XXI. **Symposium Internacional...** Córdoba, 2001. Córdoba: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba, 2001. p.619-625.

BRADSHAW, L.D.; PADGETTE, S.R.; KIMBALL, S.L.; WELLS, B.H. Perspective of glyphosate resistance. **Weed Technology**, v.11, n.1, p.189-198, 1997.

BRAVIN, F.; ZANIN, G.; PRESTON, C. Resistance to diclofop-methyl in two *Lolium* spp. populations from Italy: studies on the mechanism of resistance. **Weed Research**, Oxford, v.41, p.461-473, 2001.

BREZEANU, L.A.; DAVIS, D.G.; SHIMABUKURU, R.H. Ultrastructural effects and translocation of methyl 2 [4-(2,4-

dichloro-phenoxy)phenoxy] propionate in wheat (*Triticum aestivum*) and wild oat (*Avena fatua*). **Can. J. Bot.** 54 2038-2048, 1976.

BURTON, J.D.; GRONWALD, J.W.; SOMERS, D.R.; CONNELLY, J.H.; GENGEBACH, B.G.; WYSE, D.L. Inhibition of acetyl-CoA carboxylase by the herbicide sethoxydim and haloxyfop. **Biochem. Biophys. Res. Commun.** 148:1039-1044, 1987.

CAMADRO, J.M.; MATRINGE, M.; SCALLA, R.; LABBE, P. Kinetic studies on protoporphyrinogen oxidase inhibition by diphenyl ether herbicides. **Biochemical Journal**, v.277, p.17-21, 1991.

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: I

SIMPÓSIO SOBRE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, Dourados – MS, EMBRAPA, p. 75-94, 1997.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; KEHDI, C.A.; CORTEZ, M.G. Manejo da planta daninha *Brachiaria plantaginea* aos herbicidas inibidores da ACCase. **Planta Daninha**, Viçosa, v.19, n.1, p.61-66, 2001.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; MEDEIROS, D.; MONQUEIRO, P.A.; PASSINI, T. Plantas daninhas à cultura da soja: controle químico e resistência a herbicidas. In: CÂMARA, G.M.S. (Ed.). **Soja: tecnologia da produção**. Piracicaba: ESALQ, 2000. p.179-202.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; VICTÓRIA FILHO, R.; MONQUERO, P.A. Resistência cruzada e herbicidas alternativos de controle de biotipos de *Bidens pilosa* resistentes aos herbicidas inibidores da ALS. In: XXI Congresso Brasileiro de Ciência das Plantas Daninhas, Caxambu-MG, p.64, 1997.

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.

CLAUS, J.; BEHRENS, R. Glyphosate translocation and quackgrass rhizome bud kill. **Weed Science**. v. 24, p. 149–152, 1976.

COMAI, L.; SEN, L.C.; STALKER, D.M. An altered *aroA* gene product confers resistance to the herbicide glyphosate. **Science**, v. 21, p.370–371, 1983.

CORTEZ, M.G. MADUREIRA, A.; OVEJERO, R.L. Resistência de *Digitaria* sp. A herbicidas inibidores da acetil coenzima A carboxilase (ACCCase). Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 23, 2002. **Resumos**. Londrina: SBCPD/Embrapa Clima Temperado, 2002. p.191

CORTEZ, M.G. Resistência de biótipos de *Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc. a herbicidas inibidores da acetil coenzima A carboxilase. Piracicaba: Escola de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, 2000. 214p. (Tese de doutorado).

CROWLEY, J.; PENDEVILLE, G.N. Effect of dichlofop methyl on leaf –cell membrane permeability in wild oat, barley and wheat. **Canadian Journal of Plant Science**, Truro, v.59, p.275-277, 1979.

CULPEPPER, A.S. Glyphosate-induced weed shifts. **Weed Technology**, v. 20, p.277-281, 2006.

CULPEPPER, H.S.; JORDAN, D.L.; YORK, A.C.; CORBIN, F.T.; SHELDON, Y. Influence of adjuvants and bromoxinil on absorption of clethodim. **Weed Tech**. 13:536-541, 1999.

CUSSAN, G.W.; MOSS, S.R. Population dynamics of annual grass weeds. **In: British Crop Protection Symposium: Decision Making in the Practice of Crop Protection**. Proceedings. Croydon: British Crop Protection Council, 1982. p.91-98.

De PRADO, R.; OSUNA, M.D.; FISCHER, A.J. Resistance to ACCase inhibitor herbicides in a green foxtail (*Setaria viridis*) biotype in Europe. **Weed Science**, Lawrence, v.52, p.506-512, 2004.

DEAN, J.V.; GRONWALD, J.W.; EBERLIN, C.V. Induction of glutathione S-transferase isozymes in Sorghum by herbicide antidotos. *Plant Physiol.* 92:467-473, 1990.

DÉLYE, C.; SATRUB C., MATĚJICEK, A.; Michel, S. Multiple origins for black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds) target-site-based resistance to herbicides inhibiting acetyl-Co A carboxylase. **Pest Manage. Sci.** 60:35-41, 2003.

DEVINE, M.; DUKE, S.O.; FEDKE, C. **Physiology of herbicide action**. New Jersey: P T R Prentice-Hall, 1993. 441p.

DEVINE, M.D. Mechanisms of resistance to acetyl-coenzyme A carboxylase inhibitors: a review. **Pesticide Science**, Southampton, v.51, p.259-264, 1997.

DEVINE, M.D.; SHIMABUKURO, R.H. Acetyl coenzyme A carboxylase inhibiting herbicides. In: POWLES, S.B.; HOLTUM, J. A.M. eds **Herbicide Resistance in Plants: Biology and Biochemistry**, p.141-169. CRC Press, London. 1994.

DUKE, S.O. Glyphosate. In: KEARNEY, P.C.; KAUFMAN, D.D. (Ed.). **Herbicides-Chemistry, Degradation and mode of Action**. v.3. New York, 1988. p.1-70.

DYER, W.E.. Resistance to glyphosate. In: POWLES, S.B.; HOLTUM, J.A.M. (Ed.). **Herbicide resistance in plants: biology and biochemistry**. Boca Raton, FL: Lewis, 1994. p.. 229-242.

FALK, J.S.; SHOUP, D.E.; AL-KHATIB, K.; PETERSON, D.E. Protox-resistant common waterhemp (*Amaranthus rudis*) response to herbicides applied at different growth stages. **Weed Science**, v.54, p.793-799, 2006.

FENG, P.C.C.; TRAN, M.; CHIU, T.; SAMMONS, R.D.; HECK, G.R.; CAJACOB, C.A. Investigations into glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*): retention, uptake, translocation and metabolism. **Weed Science**, v.52, p.498-505, 2004.

GADAMSKI, G.; CIARKA, D.; GRESSEL, J.; GAWRONSKI, S.W. Negative cross resistance in triazine resistant biotypes of *Echinochloa crus-galli* and *Conyza Canadensis*. **Weed Science**, Lawrence, v.48, n.2, p.176-180, 2000.

GAZZIERO, D.L.P, BRIGHENTI, A.M., PRETE, C.E.C., SUMIYA, M., KAJIHARA, L. Variabilidade no grau de resistência de capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*) aos herbicidas clethodim, tepraloxymid e sethoxydim. **Planta Daninha**, Viçosa, v.22, n.3, p.397-402, 2004.

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**, Viçosa, v.18, n.1, p.169-184, 2000.

GAZZIERO, D.L.P.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; MACIEL, C.D.M.; SCARAMUZA JÚNIOR, J.R. Resistência de biótipos de *Brachiaria plantaginea* aos herbicidas inibidores da ACCase aplicados em soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21. Caxambu/MG, 1997. **Resumos...** Caxambu: SBCPD, 1997. p.88.

GIANESSI, L.P.; SILVERS, C.S.; SANKULA, S.; CARPENTER, J. **Plant biotechnology**: current and potential impact for improving pest management in U.S. agriculture. An analysis of 40 case studies-herbicide tolerant soybean. Washington D.C.: National Center for Food and Agricultural Policy, 2002. 32p.

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, 1990.

GRONWALD, J.W. Lipid biosynthesis inhibitors. **Weed Science**, Champaign, v.39, p.435-449, 1991.

HARWOOD, J.L. Graminicides which inhibit lipid synthesis. **Pesticide Outlook**, Hemel Hempstead, v.10, p.154-158, 1999.

HARWOOD, J.L. Recent advance in the biosynthesis of plant fatty acids. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1301, p.7-56, 1996.

HEAP, I. **Criteria for configuration of herbicide-resistant weeds** – with specific emphasis on confirming low level resistance. Disponível em: [www.weedscience.com](http://www.weedscience.com).

HIDAYAT, I.; PRESTON, C. Enhanced metabolism of fluazifop acid in biotype of *Digitaria sanguinalis* resistant to the herbicide fluazifop-p-butyl. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, Orlando, v.57, p.137-146, 1997.

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

ISMAIL, B.S.; CHUAH, T.S.; SALMIJAH, S.; TENG, Y.T.; SCHUMACHER, R.W. Germination and seedling emergence of glyphosate-resistant and susceptible biotypes of goosegrass [*Eleusine indica* (L) Gaertn.]. **Weed Biology and Management**, v. 2, p.177-185, 2002.

JABOBS, J.M.; JACOBS, N.J. Porphyrin accumulation and export by isolated barley (*Hordeum vulgare*) plastids. **Plant Physiology**, v.101, p.1181-1187, 1993.

JASIENIUK, M. Constraints on the evolution of glyphosate resistance in weeds. **Resist. Pest Management News**, v. 7, p. 31-32, 1995.

KAUDUN, S.S.; WINDASS, J.; DERIVED C.: a simple method to detect a critical point mutation in the ACCase target gene conferring graminicide resistance in monocot weeds. In **Proc. Fourth International Weed Science Congress**, Durban, S.A. Davis, CA: International Weed Science Society. p.50, 2004.

KOGER, C.H.; REDDY, K.N. Role of absorption and translocation in the mechanism of glyphosate resistance in horseweed (*Conyza canadensis*). **Weed Science**, v. 53, p. 84–89, 2005.

LEE, L.J. Glyphosate resistant goosegrass (*Eleusine indica*) in Malaysia and some of its morphological differences. ASIAN-PACIFIC WEED SCIENCE SOCIETY CONFERENCE, 17., Bangkok, 1999. **Proceedings...** Bangkok: 1999. p.90–95.

LEE, L.J.; NGIM, J. A first report of glyphosate-resistant goosegrass [*Eleusine indica* (L.) Gaertn] in Malaysia. **Pest Management Science**, v. 56, p. 336–339, 2000.

LEHNEN, L.P.; SHERMAN, T.D.; BECERRIL, J.M.; DUKE, S.O. Tissue and cellular localization of acifluorfen-induced porphyrins in cucumber cotyledons. **Pesticide Biochemistry Physiology**, v.37, p.239-248, 1990.

LI, J.; SMEDA, R.J.; NELSON, K.A.; DAYAN, F.E. Physiological basis for resistance to diphenyl ether herbicides in common waterhemp (*Amaranthus rudis*). **Weed Science**, v.52, p.333-338, 2004.

LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; VARGAS, L. Resistência de plantas daninhas a herbicidas. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. (Eds.). **Manual de manejo e controle de plan-**

**tas daninhas.** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p.185-214.

LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; CARVALHO, S.J.P.; NICOLAI, M.; ABREU, A.G.; GROMBONI-GUARATINI, M.T.; TOLEDO, R.E.B.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Resistance and differential susceptibility of *Bidens pilosa* and *B. subalternans* biotypes to ALS-inhibiting herbicides. **Scientia Agricola**, v.63, n.2, p.139-145, 2006.

LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; CARVALHO, S.J.P.; NICOLAI, M.; PENCKOWSKI, L.H.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Resistência de população de capim-colchão (*Digitaria ciliaris*) aos herbicidas inibidores da acetil Co-A carboxilase. **Planta Daninha**, v.23, n.3, p.543-549, 2005.

LORRAINE-COLWILL, D.F.; POWLES, S.B.; HAWKES, T.R.; HOLLINSHEAD, P.H.; WARNER, S.A.J.; PRESTON, C. Investigations into the mechanism of glyphosate resistance in *Lolium rigidum*. **Pesticide Biochemistry Physiology**, v.74, p.62-72, 2002.

MATRINGE, M.J.; CAMADRO, J.; LABETTE, P.; SCALLA, R. Protoporphyrinogen oxidase as a molecular target for diphenyl ether herbicides. **Biochemistry Journal**, v.260, p.231-235, 1989.

MEROTTO JÚNIOR, A.; VIDAL, R.A. Herbicidas inibidores da Protox. In: VIDAL, R.A.; MEROTTO JÚNIOR, A. (Ed.). **Herbicidologia**. Porto Alegre, 2001. p.69-86.

NEVE, P.; DIGGLE, A.J.; SMITH, F.P.; POWLES, S.B. Simulating evolution of glyphosate resistance in *Lolium rigidum*, II: past, present and future glyphosate use in Australian cropping. **Weed Research**, v. 43, p. 418-427, 2003.

NG, C.H.; WICKNESWARY, R.; SALMIJAH, S.; TENG, Y.T.; ISMAIL, B.S. Gene polymorphisms in glyphosate-resistant and -

susceptible biotypes of *Eleusine indica* from Malaysia. **Weed Research**, v. 43, p. 108-115, 2003.

NG, C.H.; WICKNESWARY, R.; SALMIJAH, S.; TENG, Y.T.; ISMAIL, B.S. Glyphosate resistance in *Eleusine indica* from different origins and polymerase chain reaction amplification of specific alleles. **Aust. J. Agric. Res.**, v.55, p.407-414, 2005.

NG, C.H.; WICKNESWARY, R.; SURIF, S.; ISMAIL, B.S. Inheritance of glyphosate resistance in goosegrass (*Eleusine indica*). **Weed Science**, v. 52, p. 564-570, 2004.

OLSEN, J.R.; HARPER, J.K.; CURRAN, W.S. Selecting cost-minimizing herbicide programs for corn (*Zea mays*). **Weed Technology**, Champaign, v.10, p.327-336, 1996.

OSUNA, M.D.; DE PRADO, J.L.; DE PRADO, R. Resistência a herbicidas inibidores de la ACCasa em España. In: Uso de herbicidas em la agricultura Del siglo XXI/[II Simposium Internacional ... Córdoba, 2001.]; De PRADO, R., JORRÍN, J.V. (Ed.). Córdoba: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba, 2001. p.289-298.

PADGETTE, S.R.; KOLACZ, K.H.; DELANNAY, X. Development, identification, and characterization of a glyphosate-tolerant soybean line. **Crop Science**, v.35, p.1451-1461, 1995.

PADGETTE, S.R.; RE, D.B.; BARRY, G.F.; EICHHOLTZ, D.E.; DELANNAY, X.; FUCHS, R.L.; KISHOE, G.M.; FRALEY, R.T. New weed control opportunities: Development of soybeans with a Roundup Ready™ gene. In: DUKE, S.O. (Ed.) **Herbicide-resistant crops: agricultural, economic, environmental, regulatory, and technological aspects**. Boca Raton, FL: CRC Press, 1996. p.53-84.

PADGETTE, S.R.; RE, D.B.; GASSER, C.S.; EICHHOLTZ, D.A.; FRAZIER, R.B.; HIRONAKA, C.M.; LEVINE, E.B.; SHAH, D.P.;

FRALEY, R.T.; KISHORE, G.M. Site-directed mutagenesis of a conserved region of the 5-enolpyruvylshikimate- 3-phosphate synthase active site. **J. Biol. Chem.**, v. 266, p. 22384-22369, 1991.

PEDERSEN, B.P.; NEVE, P.; ANDREASEN, C.; POWLES, S.B. Ecological fitness of a glyphosate resistant *Lolium rigidum* population: growth and seed production along a competition gradient. **Basic Appl. Ecol.** In press, 2006.

PEREZ-JONES, A.K.; PARK, J.; COLQUHOUN, C.; MALLORY-SMITH, C.; KOGAN, M. Identification of a mutation in the target enzyme EPSP synthase in a glyphosate-resistant *Lolium multiflorum* biotype. **Weed Sci. Soc. Am. Abstr.** 416. Lawrence, KS: WSSA, 2005.

PETERSON, D.E. The impact of herbicide-resistant weeds on Kansas agriculture. **Weed Technology**, v.13, n.632-635, 1999.

PITELLI, R.A. Interferência das plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropec.**, Belo Horizonte, v.11, n.29, 1985, p.16-27.

PLINE-SRNIC, W. Physiological mechanisms of glyphosate resistance. **Weed Technology**, v. 20, p. 290-300, 2006.

POWLES, S.B.; LORRAINE-COLWILL, D.F.; DELLOW, J.J.; PRESTON, C. Evolved resistance to glyphosate in rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) in Australia. **Weed Science**, v.46, p.604-607, 1998.

POWLES, S.B.; PRESTON, C. Evolved glyphosate resistance in plants: biochemical and genetic basis of resistance. **Weed Technology**, v. 20, p. 282-289, 2006.

POWLES, S.B.; PRESTON, C. Evolved Glyphosate Resistance in Plants: Biochemical and Genetic Basis of Resistance. **Weed Technology**, v. 20, n.2, 2006.

PRATLEY, J. et al. Glyphosate resistance in annual ryegrass. Sidney: NSW, 2000. p.122. (Proc. Eleventh Annual Conference Grassld. Sc).

PRATLEY, J.; URWIN, N.; STANTON, R.; BAINES, P.; BROSTER, J.; CULLIS, K.; SCHAFFER, D.; BOHN, J.; KRUEGER, R. Resistance to glyphosate in *Lolium rigidum*. I. Bioevaluation. **Weed Science**, v.47, p.405-411, 1999.

RENDINA, A.R.; BEAUDOIN, J.D.; CRAIG-KENNARD, A.C.; BREEN, M.K. Kinetics of inhibition of acetyl-CoA carboxylase by the aryloxyphenoxypropionate and cyclohexanedione graminicides. In: THE BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE - WEEDS, 1989. Farnham: British Crop Protection Council, 1989. p.163-172

RETZINGER, E.J.; MALLORY-SMITH, C. Classification of herbicides by site of action for weed resistance management strategies. **Weed Technology**, v.11, p.384-393, 1997.

RIZZARDI, M.A.; VARGAS, L.; ROMAN, E.S.; KISSMANN, K. Aspectos gerais do manejo e controle de plantas daninhas. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. (Ed.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p.105-144.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 5. ed. Londrina, 2005. 592p.

SASAKI, Y.; HAKAMADA, K.; SUAMA, Y.; NAGANO, Y.; FURUSAWA, I.; MATSUNO, R. Chloroplast-encoded protein as a subunit of acetyl-CoA carboxylase in pea plant.. **J. Biol. Chem.**, v.268, p.25118-25123, 1993.

SHOUP, D.E.; AL-KHATIB, K. Fate of acifluorfen and lactofen in common waterhemp (*Amaranthus rudis*) resistant and

protoporphyrinogen oxidase-inhibiting herbicides. **Weed Science**, v.53, p.284-289, 2005.

SHOUP, D.E.; AL-KHATIB, K.; PETERSON, D.E. Common waterfemp (*Amaranthus rudis*) resistance to protoporphyrinogen oxidase-inhibiting herbicides. **Weed Science**, v.51, p.145-150, 2003.

SHUKLA, A.; LEACH, G.E.; DEVINE, M.D. High-level resistance to sethoxydim conferred by an alteration in the target enzyme, acetyl-CoA carboxylase, in *Setaria faberi* and *Setaria viridis*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, Orlando, v.57, p.147-155, 1997.

SIMARMATA, M.; PENNER, D. Role of EPSP synthase in glyphosate resistance in rigid ryegrass (*Lolium rigidum* Gaud.). **Weed Sci. Soc. Am. Abstr.** 118. Lawrence, KS: WSSA, 2004.

TAL, A.; ZARKA, S.; RUBIN, B. Fenoxaprop-P resistance in *Phalaris minor* conferred by an insensitive acetyl-coenzyme A carboxylase. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, Orlando, v.56, p.134-140, 1996.

TREZZI, M.M.; FELIPPI, C.L.; MATTEI, D.; SILVA, H.L.; NUNES, A.L.; DEBASTIANI, C.; VIDAL, R.A.; MARQUES, A. Multiple resistance of acetolactate synthase and protoporphyrinogen oxidase inhibitors in *Euphorbia heterophylla* biotypes. **Journal of Environmental Science and Health**, Part B, v.40, p.101-109, 2005.

VARGAS, L. et al. Resistência de plantas daninhas a herbicidas. Viçosa, MG:Jard, 1999. 131p.

VIDAL, R.A., PORTES, E.S., LAMEGO, F.P., TREZZI, M.M. Resistência de *Eleusine indica*) aos inibidores de ACCase. **Planta Daninha**, Viçosa, v.24, n.1, p.163-171, 2006.

VIDAL, R.A. **Herbicidas: mecanismo de ação e resistência de plantas.** Porto Alegre: R.A. Vidal, 1997. 165p.

VIDAL, R.A.; FLECK, N.G. Three weed species with confirmed resistance to herbicides in Brazil. In: MEETING OF THE WEED SCIENCE OF AMERICA, 1997. **Abstracts.** p. 100.

VIDAL, R.A.; MEROTTO JR, A. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. *Herbicidologia/Vidal, R.A., Merotto Jr, A.* (Editores) –Porto Alegre: p.138 – 148, 2001.

VIDAL, R.A.; MEROTTO JÚNIOR, A.; FLECK, N.G. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas de menor risco para desenvolver problemas. CURSO DE MANEJO E RESISTÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS AOS HERBICIDAS, 2., Ponta Grossa, 1999. **Anais...** Ponta Grossa: AEACG, 1999. p.68-72.

VOLENBERG, D.; STOLTENBERG, D. Altered acetyl-coenzyme A carboxylase confers resistance to clethodim, fluazifop and sethoxydim in *Setaria faberi* and *Digitaria sanguinalis*. **Weed Research**, v.42, p.342-350, 2002.

WAKELIN, A. M.; PRESTON, C. Target-site glyphosate resistance in rigid ryegrass (*Lolium rigidum* Gaudin). **Weed Sci. Soc. Am. Abstr.** 417. Lawrence, KS: WSSA, 2005.

WALKER, K.A.; RIDLEY, S.M.; LEWIS, T.; HARWOOD, J.L. Action of aryloxy-phenoxy carboxylic acids on lipid metabolism. **Reviews in Weed Science**, 4, 71-84, 1989.

WATERS, S. Glyphosate tolerant crops for the future: development, risks, and benefits. In: BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE: WEEDS, 1991. **Proceedings...** 1991. p.165-170.

WEED SCIENCE. International survey of herbicide resistant weeds. Disponível em: <http://www.weedscience.org/in.asp>. Acesso em: 22 Out. 2006.

WIEDERHOLT, R.J.; STOLTENBERG, D.E. Similar fitness between large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*) accessions resistant or susceptible to acetyl-coenzyme A carboxylase inhibitors. **Weed Technology**, Champaign, v.10, n.1, p.42-49, 1996.



Promoção



Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas

Parceria

**Embrapa**

Amazônia Oriental  
Milho e Sorgo



**Ufra**



BANCO DA AMAZÔNIA

**Dow AgroSciences**



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



ISBN 85-98410-02-0



9 788598 100291