

# GIRASSOL NO BRASIL



REGINA MARIA VILLAS BÔAS DE CAMPOS LEITE  
ALEXANDRE MAGNO BRIGHENTI  
CÉSAR DE CASTRO

EDITORES

**Embrapa**

# **Girassol no Brasil**

**República Federativa do Brasil**

*Luiz Inácio Lula da Silva*  
Presidente

**Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

*Roberto Rodrigues*  
Ministro

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**

**Conselho de Administração**

*Luis Carlos Guedes Pinto*  
Presidente

*Silvio Crestana*  
Vice-Presidente

*Alexandre Kalil Pires*  
*Hélio Tollini*

*Ernesto Paterniani*

*Cláudia Assunção dos Santos Viegas*  
Membros

**Diretoria Executiva**

*Silvio Crestana*  
Diretor-Presidente

*Tatiana Deane de Abreu Sá*  
*José Geraldo Eugênio de França*  
*Kepler Euclides Filho*  
Diretores

**Embrapa Soja**

*Vania Beatriz Rodrigues Castiglioni*  
Chefe-Geral

*João Flávio Veloso Silva*  
Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

*Norman Neumaier*  
Chefe Adjunto de Comunicação e Negócios

*Heveraldo Camargo Mello*  
Chefe Adjunto de Administração

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro Nacional de Pesquisa de Soja  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# **Girassol no Brasil**

Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite  
Alexandre Magno Brighenti  
César de Castro  
Editores

Embrapa Soja  
Londrina, PR  
2005

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Soja**

Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral

Caixa Postal 231

86001-970 - Londrina, PR

Fone: (43) 3371-6000 - Fax: 3371-6100

Home page: <http://www.cnpso.embrapa.br>

e-mail (sac): [sac@cnpso.embrapa.br](mailto:sac@cnpso.embrapa.br)

**Comitê de Publicações da Embrapa Soja**

Presidente:	<i>João Flávio Veloso Silva</i>
Secretária executiva:	<i>Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite</i>
Membros:	<i>Alexandre Magno Brighenti</i> <i>Antonio Ricardo Panizzi</i> <i>Clara Beatriz Hoffmann-Campo</i> <i>Décio Luiz Gazzoni</i> <i>George Gardner Brown</i> <i>Ivan Carlos Corso</i> <i>Léo Pires Ferreira</i> <i>Waldir Pereira Dias</i>
Supervisor editorial:	<i>Odilon Ferreira Saraiva</i>
Normalização bibliográfica:	<i>Ademir Benedito Alves de Lima</i>
Editoração eletrônica:	<i>Neide Makiko Furukawa</i>
Capa:	<i>Camila Giraldi</i>
Foto da capa:	<i>Camila Giraldi</i>

**1ª edição**

1ª impressão 2005: tiragem 1000 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

---

Girassol no Brasil / editores, Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite, Alexandre Magno Brighenti, César de Castro. – Londrina: Embrapa Soja, 2005.  
641p. : il. ; 22,5cm.

ISBN 85-7033-005-7

1. Girassol-Brasil. 2. Girassol-Pesquisa. I. Leite, Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite. II. Brighenti, Alexandre Magno. III. Castro, César de. IV. Título.

**CDD 633.850981**

---

© Embrapa 2005

## ***Autores***

### **Ademir Assis Henning**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.

Embrapa Soja

Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral

Caixa Postal 231 - 86001-970 - Londrina, PR

Fone: (43) 3371-6261

henning@cnpso.embrapa.br

### **Alexandre Magno Brighenti**

Engenheiro Agrônomo, Doutor

Embrapa Soja

Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral

Caixa Postal 231 - 86001-970 - Londrina, PR

Fone: (43) 3371-6277

brighent@cnpso.embrapa.br

### **Amélio Dall'Agnol**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.

Embrapa Soja

Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral

Caixa Postal 231 - 86001-970 - Londrina, PR

Fone: (43) 3371-6058

amelio@cnpso.embrapa.br

### **Ana Cláudia Barneche de Oliveira**

Engenheiro Agrônomo, Doutor

Embrapa Soja

Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral

Caixa Postal 231 - 86001-970 - Londrina, PR

Fone: (43) 3371-6236

barneche@cnpso.embrapa.br

### **Antonio Carlos Roessing**

Engenheiro Agrônomo, Doutor

Embrapa Soja

Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral

Caixa Postal 231 - 86001-970 - Londrina, PR

Fone: (43) 3371-6265

acr@cnpso.embrapa.br

**Caio Abércio da Silva**

Médico Veterinário, Doutor  
Universidade Estadual de Londrina  
Centro de Ciências Agrárias - Departamento de Zootecnia  
Rodovia Celso Garcia Cid - km 380  
Caixa Postal 6001 - 86051-990 - Londrina, PR  
Fone: (43) 3371-4475  
casilva@uel.br

**César de Castro**

Engenheiro Agrônomo, Doutor  
Embrapa Soja  
Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral  
Caixa Postal 231 - 86001-970 - Londrina, PR  
Fone: (43) 3371-6212  
ccastro@cnpso.embrapa.br

**César de Mello Mesquita**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.  
Embrapa Soja  
Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral  
Caixa Postal 231 - 86001-970 - Londrina, PR  
Fone: (43) 3371-6275  
mesquita@cnpso.embrapa.br

**Cláudio Guilherme Portela de Carvalho**

Engenheiro Agrônomo, Doutor  
Embrapa Soja  
Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral  
Caixa Postal 231 - 86001-970 - Londrina, PR  
Fone: (43) 3371-6234  
cportela@cnpso.embrapa.br

**Daniel Ricardo Sosa-Gomez**

Engenheiro Agrônomo, Doutor  
Embrapa Soja  
Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral  
Caixa Postal 231 - 86001-970 - Londrina, PR  
Fone: (43) 3371-6210  
drsg@cnpso.embrapa.br

**Décio Luiz Gazzoni**

Engenheiro Agrônomo, Mestre  
Embrapa Soja  
Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral  
Caixa Postal 231 - 86001-970 - Londrina, PR  
Fone: (43) 3371-6213  
dgazzoni@cnpso.embrapa.br

**Dionísio Luiz Pisa Gazziero**

Engenheiro Agrônomo, Doutor  
Embrapa Soja  
Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral  
Caixa Postal 231 - 86001-970 - Londrina, PR  
Fone: (43) 3371-6270  
gazziero@cnpso.embrapa.br

**Elemar Voll**

Engenheiro Agrônomo, Doutor  
Embrapa Soja  
Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral  
Caixa Postal 231 - 86001-970 - Londrina, PR  
Fone: (43) 3371-6252  
voll@cnpso.embrapa.br

**Eleno Torres**

Engenheiro Agrônomo, Mestre  
Embrapa Soja  
Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral  
Caixa Postal 231 - 86001-970 - Londrina, PR  
Fone: (43) 3371-6217  
eleno@cnpso.embrapa.br

**Fábio Álvares de Oliveira**

Engenheiro Agrônomo, Doutor  
Embrapa Soja  
Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral  
Caixa Postal 231 - 86001-970 - Londrina, PR  
Fone: (43) 3371-6225  
falvares@cnpso.embrapa.br

**Fernando Antônio Fonseca Portugal**

Técnico em Agropecuária

Embrapa Soja

Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral

Caixa Postal 231 - 86001-970 - Londrina, PR

Fone: (43) 3371-6150

fernando@cnpso.embrapa.br

**Flávio Moscardi**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.

Embrapa Soja

Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral

Caixa Postal 231 - 86001-970 - Londrina, PR

Fone: (43) 3371-6209

moscardi@cnpso.embrapa.br

**Francisco Carlos Krzyzanowski**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.

Embrapa Soja

Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral

Caixa Postal 231 - 86001-970 - Londrina, PR

Fone: (43) 3371-6262

fck@cnpso.embrapa.br

**Heveraldo Camargo Mello**

Economista, Especialista

Embrapa Soja

Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral

Caixa Postal 231 - 86001-970 - Londrina, PR

Fone: (43) 3371-6005

hcm@cnpso.embrapa.br

**Ivan Carlos Corso**

Engenheiro Agrônomo, Mestre

Embrapa Soja

Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral

Caixa Postal 231 - 86001-970 - Londrina, PR

Fone: (43) 3371-6215

iccorso@cnpso.embrapa.br

**João Waine Pinheiro**

Zootecnista, Doutor

Universidade Estadual de Londrina

Centro de Ciências Agrárias - Departamento de Zootecnia

Rodovia Celso Garcia Cid - km 380

Caixa Postal 6001 - 86051-990 - Londrina, PR

Fone: (43) 3371-4475

[jwaine@uel.br](mailto:jwaine@uel.br)

**Joelsio José Lazzarotto**

Médico Veterinário, Mestre

Embrapa Soja

Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral

Caixa Postal 231 - 86001-970 - Londrina, PR

Fone: (43) 3371-6253

[joelsio@cnpso.embrapa.br](mailto:joelsio@cnpso.embrapa.br)

**José Avelino Santos Rodrigues**

Engenheiro Agrônomo, Doutor

Embrapa Milho e Sorgo

Rodovia MG 424 - km 45

Caixa Postal 285 - 35701-970 - Sete Lagoas, MG

Fone: (31) 3779-1066

[avelino@cnpms.embrapa.br](mailto:avelino@cnpms.embrapa.br)

**José de Barros França Neto**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D.

Embrapa Soja

Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral

Caixa Postal 231 - 86001-970 - Londrina, PR

Fone: (43) 3371-6260

[jbfranca@cnpso.embrapa.br](mailto:jbfranca@cnpso.embrapa.br)

**José Marcos Gontijo Mandarinó**

Farmacêutico-Bioquímico, Mestre

Embrapa Soja

Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral

Caixa Postal 231 - 86001-970 - Londrina, PR

Fone: (43) 3371-6259

[jmarcos@cnpso.embrapa.br](mailto:jmarcos@cnpso.embrapa.br)

**José Miguel Silveira**

Engenheiro Agrônomo, Doutor  
Embrapa Soja  
Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral  
Caixa Postal 231 - 86001-970 - Londrina, PR  
Fone: (43) 3371-6230  
jmiguel@cnpso.embrapa.br

**José Renato Bouças Farias**

Engenheiro Agrônomo, Doutor  
Embrapa Soja  
Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral  
Caixa Postal 231 - 86001-970 - Londrina, PR  
Fone: (43) 3371-6211  
jrenato@cnpso.embrapa.br

**Julio Cezar Franchini**

Engenheiro Agrônomo, Doutor  
Embrapa Soja  
Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral  
Caixa Postal 231 - 86001-970 - Londrina, PR  
Fone: (43) 3371-6233  
franchin@cnpso.embrapa.br

**Leandro das Dores Ferreira da Silva**

Zootecnista, Doutor  
Universidade Estadual de Londrina  
Centro de Ciências Agrárias - Departamento de Zootecnia  
Rodovia Celso Garcia Cid - km 380  
Caixa Postal 6001 - 86051-990 - Londrina, PR  
Fone: (43) 3371-4475  
leandro@uel.br

**Lúcio Carlos Gonçalves**

Engenheiro Agrônomo, Doutor  
Universidade Federal de Minas Gerais  
Escola de Veterinária - Departamento de Zootecnia  
Avenida Antônio Carlos, 6627  
Caixa Postal 567 - 30123-970 - Belo Horizonte, MG  
Fone: (31) 3499-2191  
luciocg@vet.ufmg.br

**Luiz Gustavo Ribeiro Pereira**

Médico Veterinário, Doutor  
Universidade Estadual de Santa Cruz  
Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais  
Rodovia Ilhéus - Itabuna, km 16  
Bairro Salobrinho - 45650-000, Ilhéus, BA  
Fone (73) 680-5112  
luizgustavo@uesc.br

**Marcelo Fernandes de Oliveira**

Engenheiro Agrônomo, Mestre  
Embrapa Soja  
Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral  
Caixa Postal 231 - 86001-970 - Londrina, PR  
Fone: (43) 3371-6221  
marcelo@cnpso.embrapa.br

**Mercedes Concórdia Carrão-Panizzi**

Engenheiro Agrônomo, Doutor  
Embrapa Soja  
Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral  
Caixa Postal 231 - 86001-970 - Londrina, PR  
Fone: (43) 3371-6  
mercedes@cnpso.embrapa.br

**Oswaldo Vasconcellos Vieira**

Engenheiro Agrônomo, Mestre  
Embrapa Soja  
Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral  
Caixa Postal 231 - 86001-970 - Londrina, PR  
Fone: (43) 3371-6077  
osvaldo@cnpso.embrapa.br

**Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite**

Engenheiro Agrônomo, Doutor  
Embrapa Soja  
Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral  
Caixa Postal 231 - 86001-970 - Londrina, PR  
Fone: (43) 3371-6222  
regina@cnpso.embrapa.br

**Thierry Ribeiro Tomich**

Médico Veterinário, Doutor  
Embrapa Pantanal  
Rua 21 de setembro, 1880  
Caixa Postal 109 - 79320-900 - Corumbá, MS  
Fone: (67) 233-2430  
thierry@cpap.embrapa.br

**Vanderlei Bett**

Zootecnista, Doutor  
Universidade Estadual de Londrina  
Centro de Ciências Agrárias - Departamento de Zootecnia  
Rodovia Celso Garcia Cid - km 380  
Caixa Postal 6001 - 86051-990 - Londrina, PR  
Fone: (43) 3371-4475  
vandbett@uel.br

**Vania Beatriz Rodrigues Castiglioni**

Engenheiro Agrônomo, Mestre  
Embrapa Soja  
Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral  
Caixa Postal 231 - 86001-970 - Londrina, PR  
Fone: (43) 3371-6004  
vania@cnpso.embrapa.br

## ***Apresentação***

É com muito prazer e orgulho que, como pesquisadora de girassol e, atualmente, representante da Embrapa Soja, apresento o livro *Girassol no Brasil*.

O objetivo desta publicação é possibilitar o acesso às tecnologias, aos conhecimentos gerados e às experiências adquiridas ao longo dos anos pela Embrapa Soja e pelas instituições parceiras que participaram na composição desta obra.

A abrangência dos temas que compõem este livro é bastante ampla, tendo sido escritos em linguagem acessível e didática, sem negligenciar a qualidade e a profundidade das informações, direcionadas ao diversificado número de leitores a que se destina.

As seções foram organizadas de modo a manter uma interface entre os assuntos e permitir um crescimento gradativo na compreensão dos conteúdos. Inicialmente, é apresentada a história da trajetória do girassol no mundo, sua chegada ao Brasil e as ações de pesquisas no País. Os aspectos de economia e mercado dão uma visão do seu posicionamento no agronegócio. As abordagens sobre os diferentes usos do girassol nas alimentações humana e animal e, mais recentemente, como fonte renovável de energia, mostram a potencialidade da cultura na geração de oportunidades sob o ponto de vista de sustentabilidade. Os conhecimentos teóricos e práticos relativos à ecofisiologia da planta, à genética e suas implicações no desenvolvimento de cultivares, às exigências nutricionais e às questões fitossanitárias, desde a semente até a colheita, remetem para a geração de tecnologias que dão suporte à produção.

Espera-se que esta obra se configure como referência, sendo de grande valia para todos os que tenham algum vínculo ou interesse pela cultura do girassol, contribuindo, assim, para a melhoria e a sustentabilidade dos diferentes sistemas de produção, orientados pela competitividade e inovação na agropecuária.

***Vania Beatriz Rodrigues Castiglioni***

Chefe Geral  
Embrapa Soja



## ***Prefácio***

Há, pelo menos, 10 anos, os pesquisadores que trabalham diretamente com a cultura do girassol na Embrapa Soja cultivam a idéia de escrever um livro sobre esse tema no Brasil, para agrupar os resultados de pesquisa produzidos pela unidade, suas experiências pessoais e a vivência no dia-a-dia com o girassol, planta que vem despertando interesse desde o descobrimento das Américas.

No ano de 2005, motivados pela comemoração dos 30 anos da Embrapa Soja e pela organização da XVI Reunião Nacional de Pesquisa de Girassol, em Londrina, Paraná, decidiu-se que seria uma importante oportunidade para transformar essa idéia em realidade.

Assim, os temas de maior relevância sobre o girassol foram eleitos e separados em seções, que ficaram sob a responsabilidade de um pesquisador da Embrapa Soja, buscando, quando oportuno, cooperação em sua equipe. O próximo passo foi o convite a muitos colegas que se dedicaram à cultura nesses 30 anos, desde aqueles que tiveram maior concentração dos trabalhos na década de 1980, até os mais recentemente envolvidos com o girassol. Nessa dinâmica, parcerias foram resgatadas nos temas referentes à alimentação animal, com a cooperação de colegas da Universidade Estadual de Londrina e da Universidade Federal de Minas Gerais, que vêm executando uma série de trabalhos de pesquisa em cooperação com a Embrapa nos últimos anos.

Era, então, a hora de literalmente colocar a idéia no papel e gerar um livro. Os 38 autores debruçaram-se exaustivamente sobre seus resultados de pesquisa e a literatura disponível, traduzindo para uma linguagem abrangente sua opinião e sua experiência pessoal sobre cada assunto, destacando as informações de maior impacto para o manejo adequado da cultura do girassol.

Em seguida, os manuscritos foram passados para a revisão dos membros do Comitê de Publicação da Embrapa Soja e de consultores *ad hoc*, aqui nominados: Adônis Moreira, Amélio Dall'Agnol, Antonio Ricardo Panizzi, Bernardo Van Raij, Cláudia Vieira Godoy, Claudinei Andreoli, Décio Luiz Gazzoni, Dionísio Brunetta, Eleno Torres, José Marcos Gontijo Mandarino, José Miguel Silveira, Julio Cezar Franchini, Léo Pires Ferreira, Leovegildo Lopes de Matos, Manoel Carlos Bassoi, Maria Regina Gonçalves Ungaro, Odilon Ferreira Saraiva, Ricardo Ferraz de Oliveira e Waldir Pereira Dias,

que se dispuseram a nos auxiliar na revisão, dando sugestões que enriqueceram cada detalhe. Salientamos também a normalização da literatura feita pelos bibliotecários Ademir Benedito Alves de Lima e Ivânia Aparecida Liberatti.

Na etapa final, após a conclusão dos trabalhos de cada autor, foi realizada a diagramação da obra por Neide Makiko Furukawa e a elaboração da capa pela designer Camila Giraldi, sob a supervisão editorial de Odilon Ferreira Saraiva.

Verificamos, assim, o grande engajamento e o esforço conjunto, não só do corpo técnico da Embrapa Soja, como de todo o pessoal de apoio e de estagiários. Esse espírito está marcado nas entrelinhas e em todas as páginas da publicação.

O resultado do envolvimento de tantas pessoas pode ser visto aqui, numa obra que certamente é a publicação mais completa sobre a cultura do girassol já editada no Brasil.

Nosso objetivo com este livro é oferecer informações precisas e de aplicação direta, para alcançar desde professores e pesquisadores até o produtor rural, o elo fundamental da cadeia produtiva. Outrossim, temos a humildade de reconhecer que não há publicação que substitua o contato direto do extensionista com o homem do campo. Esperamos que esta obra auxilie aquele que é responsável por transferir a tecnologia adequada para a cultura do girassol.

Com o sentimento de recompensa, agradecemos às pessoas que se empenharam para que nossa idéia se concretizasse e à Embrapa Soja pelas condições de trabalho. Acreditamos ter cumprido, assim, nosso papel de colaborar, também com esta publicação, para a transferência de conhecimentos gerados pela Embrapa Soja, ao longo desses 30 anos, em benefício dos diversos segmentos da sociedade brasileira.

***Os Editores***

# Sumário

Autores .....	v
Apresentação .....	xiii
Prefácio .....	xv
Sumário .....	xvii
<b>1 Origem e histórico do girassol .....</b>	<b>1</b>
Origem .....	1
Girassol na Europa .....	2
Girassol na América do Norte .....	3
Girassol na Ásia, Oceania e África .....	3
Girassol na América do Sul .....	4
Girassol no Brasil .....	4
Pesquisa com girassol no Brasil .....	10
Referências .....	12
<b>2 O agronegócio do girassol no mundo e no Brasil .....</b>	<b>15</b>
Introdução .....	15
Características do complexo agroindustrial do girassol ....	16
Oferta e demanda mundiais de girassol e derivados .....	19
Produção mundial de oleaginosas e derivados .....	20
Aspectos relacionados com a oferta mundial de girassol .....	21
Aspectos relacionados com a demanda mundial de girassol ..	25
Estoques mundiais e preços do girassol e derivados .....	28
O girassol no Brasil .....	30
Oferta e demanda do produto .....	30
Custos e rentabilidade na produção de girassol .....	36
Considerações finais .....	41
Referências .....	42
<b>3 Óleo de girassol como alimento funcional .....</b>	<b>43</b>

Introdução .....	43
Propriedades funcionais do óleo de girassol .....	43
Referências .....	48
<b>4 Produtos protéicos do girassol.....</b>	<b>51</b>
Introdução .....	51
A semente .....	51
Características gerais .....	51
Composição química das sementes de girassol .....	52
Fatores antinutricionais .....	56
Compostos fenólicos .....	56
Processamento do girassol para utilização de suas proteínas na produção de ingredientes protéicos.....	57
Produtos protéicos do girassol .....	57
Valor nutricional dos produtos protéicos do girassol .....	61
Propriedades funcionais das proteínas do girassol .....	62
Solubilidade .....	62
Absorção de água e gordura.....	63
Espumabilidade .....	63
Alterações químicas das proteínas do girassol e sua funcionalidade.....	63
Considerações finais .....	65
Referências .....	66
<b>5 Girassol na dieta de ruminantes .....</b>	<b>69</b>
Introdução .....	69
Degradabilidade <i>in situ</i> dos grãos de girassol .....	70
Digestibilidade <i>in vitro</i> dos grãos de girassol.....	75
Produção de leite.....	75
Nível plasmático de progesterona .....	78
Qualidade do leite .....	80
Torta magra de girassol na ensilagem de cana-de-açúcar .....	85
Referências .....	87

<b>6</b>	<b>Girassol na alimentação de suínos e aves .....</b>	<b>93</b>
	Introdução .....	93
	Características nutricionais .....	95
	Grão de girassol .....	95
	Farelo de girassol .....	95
	Torta de girassol.....	99
	Fatores antinutricionais no farelo de girassol .....	99
	Uso do farelo de girassol na alimentação das aves.....	101
	Girassol na alimentação de suínos .....	107
	Considerações finais .....	115
	Referências .....	116
<b>7</b>	<b>Silagem de girassol como opção forrageira.....</b>	<b>123</b>
	Introdução .....	123
	Local e época de semeadura para produção e silagem de girassol .....	123
	Rendimento forrageiro.....	124
	Ponto de ensilagem do girassol .....	126
	Qualidade da silagem de girassol .....	128
	Valor nutritivo da silagem de girassol.....	130
	Uso de aditivos na ensilagem do girassol.....	134
	Desempenho de animais alimentados com silagem de girassol.....	137
	Consumo .....	137
	Gado de leite .....	137
	Gado de corte .....	138
	Ovinos .....	139
<b>8</b>	<b>Óleo de girassol como matéria-prima para biocombustíveis .....</b>	<b>145</b>
	Referências .....	140
	Introdução .....	145
	Demanda de energia .....	146
	Um cenário de futuro .....	148

Os vetores da mudança .....	149
A agricultura de energia .....	150
Obtenção de biocombustíveis de óleos vegetais .....	151
Óleo de girassol para produção de biocombustível .....	157
Considerações finais .....	161
Referências .....	161
<b>9 Ecofisiologia do girassol .....</b>	<b>163</b>
Introdução .....	163
Morfologia .....	164
Raiz .....	164
Caule .....	165
Folha .....	165
Capítulo .....	167
Flores .....	168
Fruto .....	172
Fases de desenvolvimento da planta de girassol .....	176
Exigências climáticas .....	179
Efeito da temperatura no desenvolvimento das plantas .....	181
O girassol e a água .....	184
O estresse hídrico e o desenvolvimento das raízes e da parte aérea .....	197
Produção de matéria seca (curva de crescimento) .....	201
Produção de caules e folhas .....	203
Produção de aquênios .....	206
Considerações finais .....	209
Agradecimentos .....	210
Referências .....	210
<b>10 Genética do girassol .....</b>	<b>219</b>
Introdução .....	219
Rendimento de grãos e os componentes de rendimento .....	220
Caracteres morfológicos da planta .....	222
Número, tamanho e área da folha .....	222

Comprimento, largura e número de bráctea .....	223
Ramificação .....	224
Altura de planta, acamamento e diâmetro do caule .....	226
Caracteres da semente .....	228
Teores de óleo e de proteína .....	228
Ácidos graxos .....	230
Caracteres da flor .....	234
Produção de néctar .....	234
Dias para o florescimento e dias para a maturação .....	235
Auto-incompatibilidade e auto-fertilidade .....	236
Macho-esterilidade nuclear .....	238
Macho-esterilidade citoplasmática e restauração da macho-fertilidade .....	239
Resistência a herbicidas .....	248
Resistência a doenças .....	251
Alternaria .....	251
Podridão branca .....	251
Míldio .....	253
Referências .....	253
<b>11 Melhoramento do girassol .....</b>	<b>269</b>
O gênero <i>Helianthus</i> .....	269
Germoplasma .....	270
Objetivos do melhoramento genético .....	271
Caracteres a serem avaliados .....	272
Métodos de melhoramento .....	274
Desenvolvimento de germoplasma .....	275
Cultivares de polinização aberta .....	275
Compostos .....	275
Sintéticos .....	276
Linhagens melhoradas .....	276
Mutagênese .....	278
Híbridos interespecíficos .....	278
Desenvolvimento de cultivares de polinização aberta .....	280
Seleção massal .....	280
Seleção recorrente intrapopulacional .....	281
Seleção recorrente interpopulacional .....	282

Método das reservas ou de Pustovoit .....	283
Desenvolvimento de linhagens para a produção de híbridos .....	286
Método genealógico .....	286
Método da população .....	288
Método dos retrocruzamentos .....	288
Avaliação da capacidade de combinação das linhagens .....	289
Melhoramento genético no Brasil .....	291
Referências .....	294
<b>12 Manejo do solo .....</b>	<b>299</b>
Introdução .....	299
Escolha de área .....	300
Efeito da compactação no desenvolvimento das plantas .....	300
Rompimento da camada compactada .....	302
Preparo do solo .....	303
Preparo convencional .....	303
Semeadura direta .....	304
Culturas de cobertura .....	306
Manejo das plantas de cobertura .....	308
Considerações finais .....	312
Referências .....	312
<b>13 Nutrição e adubação do girassol .....</b>	<b>317</b>
Introdução .....	317
Correção da acidez .....	318
Correção da acidez superficial .....	320
Correção da acidez subsuperficial .....	323
Exigências minerais e adubação para a cultura do girassol .....	323
Exigências minerais .....	323
Diagnose visual de desordens nutricionais .....	327
Diagnose foliar .....	328

Adubação .....	333
Nitrogênio .....	334
Fósforo .....	337
Potássio .....	341
Micronutrientes .....	347
Considerações finais .....	363
Referências .....	365
<b>14 Semeadura e manejo da cultura de girassol .....</b>	<b>375</b>
Introdução .....	375
A semente .....	376
Características gerais da semente de girassol .....	376
Qualidade da semente .....	377
Tamanho e forma da semente .....	377
Tratamento químico da semente .....	378
Gasto de semente para a semeadura .....	378
Cálculo da quantidade de sementes .....	380
Uniformidade de distribuição e cobertura da semente .....	382
Crescimento e desenvolvimento da semente e da plântula de girassol .....	382
A semeadura .....	383
Semeadura manual .....	384
Semeadura mecanizada .....	384
Classificação das semeadoras .....	385
Características do conjunto semeador para a semeadura mecanizada de girassol .....	386
Trator .....	386
Operador .....	387
Velocidade de trabalho da semeadora .....	387
Semeadora .....	388
Mecanismos dosadores de adubos .....	389
Mecanismos dosadores de semente .....	389
Depósito de semente .....	391
Elementos de corte .....	391
Elementos para a abertura de sulcos (sulcadores) .....	392
Profundidade de deposição da semente .....	393
Elementos de compactação .....	394
Elementos cobridores da semente .....	395
Marcadores de linhas .....	395

Fatores que afetam a eficiência do processo de semeadura em girassol .....	396
Genótipo .....	396
Cultivo antecessor e sucessor .....	397
Época de semeadura .....	398
Arranjo de plantas .....	400
Preparação da “cama” de semeadura .....	402
Considerações finais .....	406
Referências .....	406
<b>15 Manejo de plantas daninhas no girassol .....</b>	<b>411</b>
Introdução .....	411
Plantas infestantes da cultura .....	411
Período de convivência entre as plantas daninhas e a cultura .....	429
Controle das plantas daninhas .....	431
Controle preventivo .....	431
Controle cultural .....	432
Controle mecânico .....	435
Controle químico .....	436
Efeitos de resíduos de herbicidas aplicados em outras culturas sobre o girassol em sucessão .....	457
Considerações finais .....	463
Referências .....	464
<b>16 Invertebrados associados ao girassol e seu     manejo .....</b>	<b>471</b>
Introdução .....	471
Insetos e outros invertebrados associados ao girassol ....	472
Insetos que atacam a raiz .....	472
Insetos que atacam plântulas .....	473
Insetos que atacam as folhas .....	475
Insetos que atacam a haste, o capítulo e os aquênios .....	483
Manejo das pragas .....	488
Tolerância do girassol a danos .....	488
Amostragem das pragas .....	489

Ocorrência de inimigos naturais em pragas do girassol .....	489
Controle através do uso de genótipos resistentes .....	491
Controle dos insetos e outros invertebrados .....	491
Agradecimentos .....	495
Referências .....	495
<b>17 Manejo de doenças do girassol .....</b>	<b>501</b>
Introdução .....	501
Mancha de <i>Alternaria</i> - <i>Alternaria</i> spp. ....	502
Podridão branca - <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> .....	506
Míldio - <i>Plasmopara halstedii</i> .....	513
Ferrugem - <i>Puccinia helianthi</i> .....	519
Bolha branca - <i>Albugo tragopogonis</i> .....	522
Oídio - <i>Golovinomyces cichoracearum</i> .....	524
Mancha cinzenta da haste - <i>Diaporthe helianthi</i> ( <i>Phomopsis helianthi</i> ) .....	525
Mancha preta da haste - <i>Phoma oleracea</i> var. <i>helianthi-tuberosi</i> .....	529
“Damping-off”, podridões radiculares e murchas - <i>Sclerotium rolfsii</i> , <i>Macrophomina phaseolina</i> e <i>Verticillium dahliae</i> .....	531
Podridão cinza do capítulo - <i>Botrytis cinerea</i> .....	536
Mancha e crestamento bacteriano - <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>helianthi</i> ; <i>Pseudomonas</i> <i>cichorii</i> .....	538
Podridão da medula da haste - <i>Pectobacterium</i> <i>carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i> .....	539
Mosaico comum do girassol - “ <i>Bidens</i> mosaic virus” - BiMV .....	540
Considerações finais .....	542
Agradecimentos .....	542
Referências .....	543
<b>18 Tecnologia para produção de sementes de girassol .....</b>	<b>547</b>

Procedimentos de produção .....	547
Cultivar de polinização aberta .....	547
Cultivar híbrida .....	548
Aspectos sanitários da lavoura para produção de sementes ....	553
Colheita .....	556
Recepção e Secagem .....	557
Beneficiamento .....	561
Armazenamento .....	565
Controle de qualidade da semente .....	566
Referências .....	568
<b>19 Colheita de girassol .....</b>	<b>571</b>
Introdução .....	571
Época da colheita de girassol .....	571
Antecipação da colheita .....	574
Atraso na colheita .....	574
Organização da colheita.....	575
Métodos de colheita de girassol .....	575
Colheita manual .....	575
Colheita mecanizada de girassol .....	576
Sistemas componentes padrões de colhedoras autopropelidas .....	577
Sistemas de alimentação, corte e recolhimento .....	577
Plataforma “girassoleira” .....	578
Molinete .....	579
Bandejas .....	580
Barra de corte .....	581
Condutor helicoidal (caracol) .....	582
Destroncador .....	582
Plataforma convencional de cereais adaptada .....	583
Plataforma convencional de milho adaptada .....	583
Sistemas de trilha, separação e limpeza .....	585
Mecanismos de trilha .....	585
Mecanismos de separação .....	587
Mecanismos de limpeza .....	589
Fatores que afetam a eficiência da colheita mecânica de girassol.....	591

Desuniformidade da lavoura .....	591
Desprendimento dos grãos .....	592
Peso de 1000 grãos .....	592
Época de semeadura .....	592
Espaçamento entre linhas de semeadura .....	593
Densidade de plantas .....	593
Plantas daninhas .....	594
Restos vegetais .....	594
Acamamento e quebra de plantas .....	594
Pássaros .....	595
Chuva .....	595
Ventos .....	595
Umidade no caule e no capítulo .....	595
Velocidade e capacidade de trabalho do equipamento.....	596
Perda de grãos na colheita mecanizada de girassol.....	597
Pré-colheita .....	599
Colheita .....	600
Capítulos não coletados .....	600
Sistema de alimentação .....	601
Mecanismos internos .....	602
Avaliação das perdas em diferentes tipos de plataformas de alimentação .....	602
Referências .....	603
<b>Índice Remissivo .....</b>	<b>607</b>





# ORIGEM E HISTÓRICO DO GIRASSOL

Amélio Dall'Agnol  
Oswaldo Vasconcellos Vieira  
Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite

## Origem

Acreditou-se, durante muito tempo, que o girassol (*Helianthus annuus* L.) procedia do Peru, embora sem provas que demonstrassem tal afirmação. Vrânceanu (1977) afirmou que Dodonaeus, em 1568, chegou a denominar o girassol como a “flor de ouro do Peru”. Posteriormente, trabalhos de Linneo, em 1753, Jussien, em 1789 e De Candole, em 1828, citados por Vrânceanu (1977), cogitaram que o girassol poderia ser originário do México, Canadá, Estados Unidos e, inclusive, do Brasil.

Evidências arqueológicas revelaram o uso do girassol entre índios norte-americanos, com pelo menos uma referência indicando o cultivo nos Estados de Arizona e Novo México, por volta de 3.000 anos a.C. (Selmeczi-Kovacs, 1975) e que a sua domesticação pode ter ocorrido antes mesmo da do milho (Putt, 1997).

Os resquícios mais antigos de girassol foram descobertos recentemente, em pesquisa conduzida no sítio arqueológico de San Andrés, região de Tabasco, México, entre 1997 e 2000. A datação dos resquícios - uma semente carbonizada e um aquênio parcialmente carbonizado, respectivamente de 2875-2575 a.C. e 2867-2482 a.C. - mostram que eles são cerca de 1.200 anos anteriores aos mais antigos indícios da domesticação do girassol no leste dos Estados Unidos (Lentz et al., 2001).

Aliado a estudos anteriores, a descoberta de San Andrés parece indicar que o México foi o berço da domesticação do girassol. Estudos recentes mostraram que os girassóis modernos vieram de uma rede genética extremamente restrita, o que sugere que todos eles derivam de uma única domesticação. Por muito tempo, supôs-se que as culturas norte-americanas haviam domesticado diversas plantas de forma independente. A descoberta de San Andrés indica que, provavelmente, o México foi o local de domesticação do girassol e de diversas outras plantas importantes, como

o milho e a abóbora, que formaram a base da agricultura de diversas áreas da América do Norte pré-colombiana (Lentz et al., 2001).

A hipótese mais aceita é que o girassol cultivado surgiu a partir do girassol silvestre, considerado uma planta daninha nos campos dos índios dos Estados Unidos. O girassol foi domesticado e utilizado como a base da alimentação dos nativos, numa extensa área, abrangendo do Círculo Ártico aos trópicos e do Rio Missouri ao Oceano Pacífico. As sementes de girassol eram moídas e a farinha usada na fabricação de pães. Os índios também utilizavam as sementes para fabricar uma tinta púrpura para ornamentação de cestas e telas, além de colorir seus corpos e cabelos em cerimônias religiosas. Os capítulos e as raízes eram fervidos e utilizados com fins medicinais (Putt, 1997).

## Girassol na Europa

Em 1510, o girassol foi levado, por conquistadores espanhóis, do continente americano para o jardim botânico de Madri, Espanha (Putt, 1997).

A primeira descrição do girassol unicapitulado, similar ao tipo comercial cultivado atualmente, foi realizada por Dodonaeus, em 1568 (Selmeczi-Kovacs, 1975). Outros investigadores relataram vários tipos de girassol na Europa, dividindo-os em dois grupos: girassóis como plantas ornamentais e girassóis como plantas produtoras de alimento (Putt, 1997).

No final do século XVI, o girassol foi difundido para outras partes do Continente Europeu (Itália, França, Bélgica, Holanda, Suíça, Alemanha e Inglaterra, entre outros) e ficou conhecido com diferentes denominações, como *planta solis*, *copa di giovì*, *tromba d'amore*, *grand solei*, *sonnenblume*, *turnesol*, entre outros (Rossi, 1998).

Durante quase 200 anos após a sua introdução na Europa, o girassol foi utilizado apenas como planta ornamental (Vrănceanu, 1977; Putt, 1997; Rossi, 1998).

A primeira menção européia do uso do girassol como fonte de óleo refere-se a uma patente de invenção inglesa (n° 408) na Oficina de Patentes de Londres, outorgada a Arthur Bunyan, em 1716 (em plena Revolução Industrial), para extração de óleo de sementes de girassol para uso industrial. Há relatos sobre a variação dos tipos de plantas existentes para essa finalidade (Vrănceanu, 1977; Pascale & De La Fuente, 1994; Putt, 1997).

A migração para o Leste Europeu ocorreu no século XVII ou no século

XVIII, já que alguns autores citam 1664 como a data de introdução do girassol na Hungria e outros afirmam que a sua introdução foi em 1798 (Putt, 1997).

Na Rússia, o girassol foi introduzido no século XVIII, ainda como planta ornamental, com sementes provenientes da Holanda. Já em 1769, o girassol foi citado pela primeira vez nesse país como planta comercial. Em 1880, era cultivado em cerca de 150.000 hectares e tornou-se, no início do século XX, uma das culturas mais importantes da Rússia (Putt, 1997). Até hoje, a cultura é associada a esse país, como em referências ao filme “Os Girassóis da Rússia”, de 1970.

Nessa época, havia conhecimento que o caule de girassol era rico em potássio, constituinte de cerca de 5% do peso seco da haste. O girassol chegou a ser matéria prima para produção de potássio em 24 fábricas da região do Cáucaso da Rússia (Putt, 1997).

A cultura evoluiu comercialmente, também, em outros países europeus, como Hungria, Romênia, França, Bulgária, Sérvia e Montenegro (ex-Iugoslávia) e outros países da ex-União Soviética (Putt, 1997).

## **Girassol na América do Norte**

A reintrodução do girassol na América do Norte deu-se em 1880, levado da Rússia por fazendeiros americanos, para cultivo como planta comercial. Apesar do interesse como cultura oleaginosa, os usos iniciais predominantes foram para silagem, tanto no Canadá como nos Estados Unidos. O interesse no esmagamento dos grãos para extração do óleo deu-se nas primeiras décadas do século XX. Na década de 1960, dois eventos tiveram um efeito marcante na indústria girassoleira da América do Norte: o primeiro, foi a introdução de cultivares russas com boa produtividade e alto teor de óleo e, o segundo, foi a descoberta da macho-esterilidade citoplasmática, por Leclercq (1969), e dos genes de restauração de fertilidade (Putt, 1997).

## **Girassol na Ásia, Oceania e África**

A partir do sucesso do girassol como cultura oleaginosa no Leste Europeu, ele foi sendo difundido pelo mundo inteiro. Em 1875, sua presença é citada na Índia e depois nas Filipinas e na China (Putt, 1997).

No início do século XX, o girassol desembarca no Continente Africano, com relatos de seu cultivo em Zimbábue, África do Sul, Quênia e República do Congo (Putt, 1997).

Assim com os americanos e canadenses, o primeiro interesse dos australianos pelo girassol foi para uso como silagem e, posteriormente, como cultura produtora de grãos, quando materiais russos, com alto teor de óleo, foram disponibilizados aos produtores australianos, em 1963 (Putt, 1997).

## **Girassol na América do Sul**

Na América do Sul, o girassol foi introduzido na Argentina, em meados do século XIX, por imigrantes judeus russos. O seu cultivo restringiu-se a hortas e foi utilizado para o consumo humano e para alimentar aves (Pascale & De La Fuente, 1994; Romano & Vázquez, 2003). Esses materiais foram a base do germoplasma usado no desenvolvimento de cultivares adaptadas às condições argentinas (Romano & Vázquez, 2003). A primeira fábrica de óleo de girassol na Argentina foi instalada em 1923 e a rápida expansão da cultura naquele país foi observada a partir dessa data. Com o aumento da área cultivada, mais fábricas de óleo foram instaladas, generalizando-se o consumo de óleo de girassol, em substituição a outros óleos importados, principalmente o azeite de oliva. A Argentina converteu-se no segundo produtor mundial de girassol e, a partir de 1957, iniciou a exportação do seu óleo e subprodutos (pellets e farinha). Hoje, o óleo de girassol é o principal óleo comestível consumido na Argentina, com 448 mil t ano<sup>-1</sup> (Estados Unidos, 2005).

Além do Brasil, Uruguai, Chile, Paraguai e Bolívia são outros países sul-americanos que cultivam girassol (Putt, 1997; Rossi, 1998), embora em menor escala. O estímulo é dado pela qualidade do seu óleo, por ser mais uma opção de cultivo e por constituir-se em boa opção de rotação com outras culturas, particularmente com o objetivo de evitar o monocultivo da soja (Rossi, 1993).

## **Girassol no Brasil**

Presume-se que o cultivo do girassol no Brasil iniciou na época da colonização da região Sul do Brasil. No final do século XIX, a cultura foi trazida

pelas primeiras levas de colonos europeus, que consumiam suas sementes torradas e fabricavam uma espécie de chá rico em cafeína, o qual substituía o café no desjejum matinal (Pelegrini, 1985).

A primeira indicação de cultivo comercial data de 1902, em São Paulo, quando a Secretaria da Agricultura distribuiu sementes aos agricultores (Granato, 1902, citado por Ungaro, 1982). Outras referências sobre o cultivo comercial do girassol no País datam de 1924 (Pelegrini, 1985; Putt, 1997). No início da década de 20, um artigo publicado na revista *Chácaras e Quintais* apresentava o girassol como “rei entre as várias espécies de plantas forrageiras”, especialmente indicada para o gado leiteiro (Ungaro, 1982). Granato (1924), citado por Ungaro (1982), já descrevia a extração do óleo de girassol por prensa. Na década de 30, era divulgado, à semelhança dos dias de hoje, como planta de muitas utilidades, como forrageira e produtora de silagem, melífera, produtora de sementes para a extração de óleo comestível e para a alimentação de aves (Granato, 1934, citado por Ungaro, 1982).

Os primeiros cultivos comerciais no Rio Grande do Sul foram feitos no final da década de 1940. Não tiveram muito sucesso, pois as cultivares não eram adaptadas à região, sendo, conseqüentemente, pouco produtivas e suscetíveis a doenças. Colaboraram para o insucesso desses primeiros cultivos, a falta de estímulos do mercado e a semeadura de outubro/novembro, que é adequada para Uruguai, Argentina e Chile, tradicionais produtores de girassol do Cone Sul, mas não para o Rio Grande do Sul, onde compete desvantajosamente com a soja (Dall’Agnol et al., 1994).

Na década de 1960, houve nova tentativa para estimular o cultivo do girassol no Brasil, dessa vez no Estado de São Paulo, incentivado pelos órgãos do governo desse Estado. A Secretaria de Agricultura de São Paulo deu apoio à implantação da cultura e, nos primeiros anos dessa década, a fábrica de óleos vegetais Agro Industrial e Comercial Aguapeí Ltda., situada na região noroeste do Estado, incentivou o cultivo da oleaginosa. No ano agrícola 1964/65, o girassol atingiu produção superior a 4 milhões de toneladas de grãos, numa área de, aproximadamente, 3.000 ha. O insucesso ocorreu pela falta de tecnologia de produção para as condições brasileiras e falta de estímulos de mercado, com o encerramento das atividades da indústria Aguapeí, já em 1965. As cultivares e o manejo da cultura eram os mesmos utilizados na Argentina, as quais, apesar da boa produtividade, eram muito sensíveis a doenças, principalmente à ferrugem (*Puccinia helianthi*) (Lasca, 1993; Dall’Agnol et al., 1994).

Na segunda metade da década de 1960, surgiu novo interesse pela produção de óleo de girassol em São Paulo, ocasião em que as empresas Sanbra e Anderson Clayton promoveram o cultivo do girassol com melhores perspectivas, por utilizarem materiais menos suscetíveis à ferrugem. Nesse período, o Governo Federal estabeleceu o preço de garantia (preço mínimo) para o girassol. A iniciativa não despertou grande interesse nos produtores, porque os rendimentos das lavouras eram inferiores aos cultivos tradicionais e os preços pagos, pouco atrativos (Lasca, 1993). Conseqüentemente, o girassol não conseguia concorrer com as culturas já implantadas, como o milho, o amendoim e o algodão (Pelegriani, 1985; Dall'Agnol et al., 1994).

Os prejuízos causados pela ferrugem, aliados à falta de informação mais precisa sobre correção de solo, nutrição, espaçamento e densidade de semeadura, bem como ao baixo teor de óleo dos materiais genéticos brasileiros, desestimularam o cultivo do girassol em São Paulo, que teve a área de 1966/67 (5.324 ha) reduzida para menos da metade, na safra 1972/73 (1.500 ha) (Lasca, 1993).

Nessa mesma época, o girassol também foi cultivado em Minas Gerais, Rio de Janeiro, Pernambuco, Rio Grande do Sul e no Norte do Paraná, em escala reduzida (Pelegriani, 1985), não tendo despertado grande interesse, provavelmente pelos mesmos problemas.

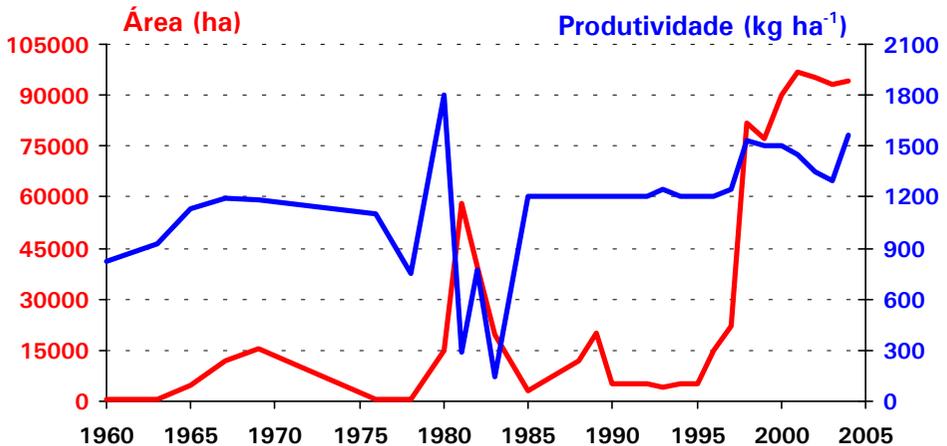
Outra tentativa de implantação da cultura, em São Paulo, ocorreu em meados da década de 1970, por iniciativa da empresa Sementes Contibrasil Ltda. e da Companhia Mogiana de Óleos Vegetais (COMOVE), ambas sediadas na região da Mogiana, SP. Apesar da Contibrasil contar com híbrido com bom teor de óleo e pouca suscetibilidade à ferrugem, o empreendimento não logrou êxito e a área cultivada manteve-se baixa (inferior a 1.000 ha). O preço de referência - 80% do preço da soja - para aquisição do girassol, generalizado nessa época, resultou num preço pago ao produtor pouco compensador (Lasca, 1993).

De maneira geral, até os últimos anos da década de 1970, o girassol não conseguiu se estabelecer no Brasil como cultura expressiva, pois não conseguia competir com outras opções agrícolas mais atraentes, como o milho, a soja, o amendoim e o algodão, além do baixo nível tecnológico do seu cultivo (Pelegriani, 1985).

No final da década de 1970, houve um grande entusiasmo pelo cultivo do girassol no País. O Governo Federal, através do Programa de Mobilização Energética, estimulou o uso de óleos vegetais em substituição aos derivados do petróleo (biocombustível), o que determinou o aumento de pesqui-

sas em torno de oleaginosas, como a mamona, o amendoim e o girassol (Pelegrini, 1985; Dall'Agnol et al., 1994). O epicentro desse entusiasmo foi o oeste do Estado do Paraná, onde já se dispunha de algumas informações da pesquisa local (Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR). O girassol foi cultivado com algum sucesso durante os anos de 1979 e 1980, como segundo cultivo de verão (janeiro/março), em sucessão aos cultivos de primavera, principalmente feijão, milho e soja. O rendimento, em 1980, chegou a  $1.800 \text{ kg ha}^{-1}$ . Em 1981, foi cultivada a maior área de girassol até então no País e quase integralmente localizada no oeste do Estado do Paraná, em sucessão à soja precoce. Desafortunadamente, a produtividade despencou para  $460 \text{ kg ha}^{-1}$ , devido à ocorrência intensa de doenças fúngicas, principalmente *Sclerotinia sclerotiorum*, favorecidas pelo excesso de umidade daquele ano na fase final do ciclo. Por esse motivo, em 1983, a área cultivada com girassol já estava reduzida a um terço daquela de 1981 (Fig. 1) (Dall'Agnol et al., 1994).

A partir de 1980, houve investimentos em pesquisa, resultando na indicação da época de semeadura em julho/agosto, como a melhor opção para o Estado do Rio Grande do Sul, onde o clima é mais ameno, produz grãos na entressafra da soja e recebe, por isso mesmo, estímulos da indústria de óleos vegetais (Dall'Agnol et al., 1994). Dentre os equívocos que ocorreram



**Fig. 1.** Área cultivada e produtividade estimada para a cultura do girassol no Brasil, no período de 1960 a 2004.

Fonte: dados compilados de Dall'Agnol et al. (1994), Rossi (1998), CONAB (2004) e resultados de pesquisa de campo realizada pela Embrapa Soja junto aos principais produtores e distribuidores de sementes de girassol no Brasil.

nesse período, vale ressaltar a escolha dos materiais genéticos, de ciclo médio, que dificultavam a semeadura da soja logo após a colheita do girassol, além de carecer de tecnologias de colheita e de herbicidas para o controle das plantas daninhas. Isso contribuiu para desestimular o produtor. Além desses fatores tecnológicos, a questão comercial prejudicou o desenvolvimento da cultura.

No início da década de 1990, o girassol ensaiou novamente tornar-se uma cultura importante para o Brasil, dessa vez no Estado de Goiás, por iniciativa da indústria Ouro Verde, em Trindade. Novo insucesso ocorreu, nessa oportunidade atribuído, principalmente, a problemas comerciais.

Na segunda metade da década de 1990, a indústria de óleos vegetais Esteve Irmãos S/A, Comércio e Indústria, em Rancharia - SP, fomentou a cultura nos Estados de São Paulo e na região Norte do Paraná, que logo paralisou suas atividades por problemas comerciais.

Em 1998, a cultura renasce nos campos do Sul do País com uma proposta inovadora, unindo cooperativas (COTRIBÁ, em Ibirubá - RS e COTRIMAIO, em Três de Maio - RS, entre outras), indústria de óleos (Giovelli e Cia. Ltda., em Guarani das Missões - RS) e produtores. Essa opção parece estar viabilizando o cultivo do girassol no Rio Grande do Sul.

Na região dos Cerrados Brasileiros, também a partir de 1998, o girassol retomou áreas expressivas, principalmente nos Estados de Goiás e Mato Grosso do Sul, sustentadas em resultados de pesquisa mais sólidos, com o girassol como segundo cultivo de verão, popularmente denominado de safrinha. Com o fomento técnico e comercial de uma grande indústria de óleo (Caramuru Óleos Vegetais, Itumbiara - GO) e o trabalho da pesquisa, os agricultores da região responderam ao desafio. Dessa forma, o girassol, em função de suas características de maior tolerância à seca, de possibilitar o uso das mesmas máquinas e mão-de-obra utilizadas nas lavouras de milho e soja, vem se constituindo em boa alternativa na composição dos sistemas de produção de grãos do Centro-Oeste brasileiro. Para a indústria, fica a vantagem de receber mais uma matéria-prima, evitando a ociosidade no período de entressafra das culturas de verão. Para o consumidor, aumenta a oferta de um óleo comestível de excelente qualidade.

Atualmente, outras indústrias processadoras de soja têm manifestado interesse em fomentar a produção de girassol, adquirindo seu grão para produção de óleo comestível, particularmente no Estado de São Paulo e na região norte do Paraná (Bunge Alimentos, em Ourinhos - SP; Cocamar, em Maringá - PR, entre outras).

No passado, a maior área cultivada com girassol no Brasil foi de 58.000 ha, em 1981. Hoje, a área está estimada em 94.000 ha (Fig. 1), com a produção concentrada nos Estados de Goiás, Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul, responsáveis, respectivamente, por 70%, 12,6% e 8,1%, na safra de 2002. Em conjunto, os Estados do Paraná e Mato Grosso responderam, nessa safra, por aproximadamente 9,3% da produção total brasileira (Fagundes, 2002).

A produtividade tem oscilado muito ao longo dos anos e hoje está mais ou menos estabilizada em torno de 1.500 kg ha<sup>-1</sup> (Fig. 1). Em áreas experimentais, a produtividade média oscila entre 2.500 e 3.000 kg ha<sup>-1</sup>. Em lavouras tecnicamente bem conduzidas, os rendimentos giram em torno de 2.400 kg ha<sup>-1</sup>. A razão da baixa produtividade é o baixo uso de tecnologias de produção, já que o girassol é tratado como uma cultura secundária. Quando semeado no início das chuvas, como é o caso do cultivo na Região Sul do Brasil, o que se busca é o cultivo de uma segunda cultura de verão, em sucessão ao girassol, preferencialmente feijão, milho ou soja (Dall'Agnol et al., 1994). Já nos Cerrados, o girassol vem sendo semeado imediatamente após a colheita da safra de verão, sucedendo a soja ou o milho, buscando o aproveitamento das últimas chuvas de verão.

Os desafios que o girassol enfrenta no Brasil são basicamente três: primeiro, oferecer aos produtores uma cultura alternativa que, em caráter complementar, possibilite uma segunda colheita, sobre a mesma área e no mesmo ano agrícola; segundo, oferecer mais uma matéria-prima oleaginosa às indústrias de processamento de outros grãos, reduzindo sua ociosidade; e, finalmente, oferecer ao mercado um óleo comestível de alto valor nutritivo (Pelegriani, 1985). Junta-se a esses desafios a alternativa atual da produção de energia, já que o óleo de girassol pode ser utilizado como matéria-prima para produção de biocombustíveis.

O cultivo em sucessão à safra de verão (safrinha) nos Cerrados tem se mostrado uma opção viável, porque: possibilita uma segunda safra após a colheita das culturas de verão, racionalizando o uso da área, máquinas, equipamentos e mão-de-obra da propriedade; permite o desenvolvimento do girassol com a umidade deixada pelas últimas chuvas de outono; aproveita a fertilidade residual da cultura anterior; reduz as plantas daninhas, principalmente gramíneas, pela coincidência do período de desenvolvimento do girassol com o final do ciclo dessas espécies infestantes, e; faz coincidir a maturação do girassol com período seco, proporcionando menor severidade de doenças (Dall'Agnol et al., 1994).

A cultura do girassol está sempre na mira dos agricultores brasileiros pela influência que nossos vizinhos mais próximos, Argentina e Uruguai, tradicionais produtores de girassol, exercem sobre o Brasil. A pergunta que se faz é sempre a mesma: se o girassol vai bem do lado da lá da fronteira, porque não cultivá-lo do lado de cá? O Brasil ainda carece de experiência, tradição e mercado, mas há potencial para produzir essa oleaginosa em larga escala. A expansão da cultura, como oleaginosa, depende do interesse da indústria de óleos vegetais por sua exploração e da remuneração paga ao produtor. Os preços do óleo praticados no mercado varejista permitem satisfatória remuneração aos produtores (Dall'Agnol et al., 1994). Atualmente, há tecnologia para a produção de girassol em larga escala (Coordenadoria, 1998) e bons materiais genéticos que propiciam elevados rendimentos de grãos e óleo (Oliveira et al., 2003; Carvalho et al., 2003, 2004). Desta forma, um mercado favorável deverá ser o principal indutor (Dall'Agnol et al., 1994).

Falta, ainda, ao agricultor brasileiro, experiência e tradição no cultivo dessa oleaginosa, bem como capacitação da assistência técnica sobre a cultura, o que, certamente, proporcionará maiores rendimentos no futuro.

## **Pesquisa com girassol no Brasil**

Os primeiros esforços com pesquisa de girassol realizados no Brasil tiveram início no Instituto Agrônomo de Campinas, no Estado de São Paulo, em 1937, mas um amplo programa de pesquisa só seria montado em 1972 (Ungaro, 1982). Destacaram-se o programa de melhoramento genético e a condução de trabalhos relativos à nutrição de plantas, espaçamento, controle de pragas, entre outros. Esses trabalhos resultaram em diversas variedades e no desenvolvimento de tecnologia de produção de girassol em SP, gerando informações que possibilitaram a expansão da cultura (Lasca, 1993; Dall'Agnol et al., 1994).

A pesquisa com girassol na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) iniciou-se na década de 1950. Já nas décadas de 1960 e 1970, como a área com a cultura declinou acentuadamente no Estado do Rio Grande do Sul, a experimentação seguiu essa mesma tendência. Em 1980, o Setor de Plantas de Lavoura da UFRGS reiniciou os trabalhos experimentais com a cultura, uma vez que já se dispunham de cultivares híbridas no Brasil e de mais informações resultantes de pesquisas realizadas, especialmente nos Estados do Paraná e de São Paulo. Os objetivos gerais

da pesquisa foram: gerar tecnologias mais adequadas para o cultivo do girassol na região fisiográfica da Depressão Central, no RS; determinar a viabilidade técnica da inclusão do girassol nos sistemas de produção, visando a diversificação de culturas e o aumento da eficiência do uso da terra; e propiciar treinamento de recursos humanos através da participação de estudantes de graduação e pós-graduação nas atividades de pesquisa [Universidade, 198-].

Uma das razões fundamentais do decréscimo da área cultivada com girassol no País, na década de 1970, foi a falta de pesquisa para fornecer aos produtores conhecimentos, especialmente sobre cultivares adaptadas às condições brasileiras, adubação, época de semeadura, densidade de plantas, controle de pragas e doenças e equipamentos para semeadura. Assim, em 1980, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), com o Centro Nacional de Pesquisa de Soja como unidade coordenadora, elaborou as orientações básicas para o Programa Nacional de Pesquisa de Girassol, definindo objetivos, prioridades e linhas de pesquisa a serem abrangidas pelo programa (Embrapa, 1980).

A partir de 1980, com a implantação do Programa de Mobilização Energética - PME, pela Presidência da República, a pesquisa com girassol foi incrementada. O PME proveu recursos para pesquisas com culturas energéticas, incluindo o girassol. Esses recursos ensejaram a criação de um Programa Nacional de Pesquisa em Energia - PNPE, no âmbito da Embrapa. Vinculado ao PNPE e coordenado pela Embrapa Soja, foi criado o Sub-Programa de Pesquisa de Girassol. Esse subprograma dispunha de recursos abundantes e envolveu 16 instituições de pesquisa, com 68 projetos de pesquisa, abrangendo desde o Rio Grande do Sul até o Maranhão. Gerou-se um razoável volume de informações, incluindo recomendação de novas cultivares, definição dos melhores sistemas de produção, estabelecimento das épocas de semeadura mais adequadas para as diferentes regiões do Brasil, recomendação do manejo mais adequado para a cultura e para o solo, etc. (Dall'Agnol et al., 1994).

Em 1981, a Embrapa, através do Centro Nacional de Pesquisa de Soja, realizou a I Reunião Nacional de Pesquisa de Girassol, quando foram estabelecidas as prioridades de pesquisa em âmbito nacional, com a colaboração de instituições de pesquisa e empresas particulares envolvidas na produção de sementes e na extração de óleo de girassol (Ungaro, 1982).

A pesquisa foi desacelerada a partir de 1985, quando desapareceu o PNPE, que deu lugar ao subprograma girassol, no âmbito do Programa Nacional de Diversificação Agropecuária, da Embrapa. Essas alterações ocasiona-

ram interrupções e redução nas atividades propostas para pesquisa com o girassol (Dall'Agnol et al., 1994).

Em 1989, sob a coordenação da Embrapa Soja, a pesquisa com essa cultura tomou novo impulso: pesquisadores com dedicação exclusiva para pesquisas com girassol foram contratados. Desta forma, a instituição tem se organizado para cumprir sua missão, que é: viabilizar soluções que contribuam para o desenvolvimento dos agronegócios da soja e do girassol, com sustentabilidade do espaço rural, por meio de geração, adaptação e transferência de conhecimentos e tecnologias, em benefício dos diversos segmentos da sociedade brasileira. As pesquisas com girassol na Embrapa Soja visam atingir os seguintes objetivos: obter maior estabilidade de produção; gerar genótipos mais resistentes às doenças; obter maiores informações em relação às atividades de manejo do sistema de produção; e gerar informações mais precisas sobre as alternativas de diferentes usos do produto (alimentação animal, biocombustíveis e outros) (Embrapa, 2005). Paralelamente, outras instituições de ensino e pesquisa vêm desenvolvendo pesquisa com girassol nas diversas áreas do conhecimento, muitas vezes em parceria com a Embrapa Soja.

## Referências

CARVALHO, C.G.P.; COELHO, F.F.; OLIVEIRA, A.C.B.; CASTRO, C. de; FAGUNDES, R.A.; OLIVEIRA, A.B.; SILVEIRA, J.M.; LEITE, R.M.V.B.C.; VIEIRA, O.V. (Org.). **Informes da avaliação de genótipos de girassol, 2003/2004 e 2004**. Londrina: Embrapa Soja, 2004. 91p. (Embrapa Soja. Documentos, 250).

CARVALHO, C.G.P.; OLIVEIRA, M.F.; PORTO, W.S.; LEITE, R.M.V.B.C.; ARIAS, C.A.A.; CASTIGLIONI, V.B.R. (Org.). **Informes da avaliação de genótipos de girassol, 2002/2003 e 2003**. Londrina: Embrapa Soja, 2003. 97 p. (Embrapa Soja. Documentos, 226).

CONAB. **Acompanhamento da safra 2003/2004**: sexto levantamento, ago./2004. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 06 set. 2004.

COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL. **Oleaginosas no Estado de São Paulo**: análise e diagnóstico. Subsídios da Comissão Técnica de Oleaginosas da Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Campinas, 1998. 39p. (CATI. Documento técnico, 107).

DALL'AGNOL, A.; CASTIGLIONI, V.B.R.; TOLEDO, J.F.F. A cultura do girassol no Brasil. In: PUIGNAU, J. (Ed.) **Mejoramiento genético de girasol**. Montevideo: IICA, PROCISUR, 1994. p.37-41. (Diálogo, 41).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **III Plano Diretor da Embrapa Soja 2004-2007**. Londrina, 2005. 52p. Disponível em: <<http://intranet.cnpso.embrapa.br/plano/versao21.doc>>. Acesso em: 03 ago. 2005.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Subsídios para a elaboração do Programa Nacional de Pesquisa de Girassol**. Londrina, 1980. 17p.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. **Oilseeds: world market and trade**. Washington, 2005. 28p. (Circular series, FOP 08-05). Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/oilseeds/circular/2005/05-08/FULL05Aug.pdf>>. Acesso em 16 ago. 2005.

FAGUNDES, M.H. **Semente de girassol**: alguns comentários. Disponível em <[http://www.conab.gov.br/politica\\_agricola](http://www.conab.gov.br/politica_agricola)>. Acesso em 04 fev. 2003.

LASCA, D.H.C. Produção de girassol em São Paulo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 10., 1993, Goiânia. **Resumos...** Campinas: IAC, 1993. p. 9-11.

LECLERCQ, P. Une stérilité mâle cytoplasmique chez le tournesol. **Annales de l'Amelioration des Plantes**, Paris, v.19, p.99-106.

LENTZ, D.; POHL, M.E.D.; POPE, K.O.; WYATT, A.R. Prehistoric sunflower (*Helianthus annuus* L.) domestication in Mexico. **Economic Botany**, New York, v.55, n.3, p.370-376, 2001.

OLIVEIRA, M.F.; ARIAS, C.A.A.; CARVALHO, C.G.P.; VIEIRA, O.V.; LEITE, R.M.V.B.C.; CASTIGLIONI, V.B.R. (Org.). **Informes da avaliação de genótipos de girassol, 2001/2002 e 2002**. Londrina: Embrapa Soja, 2003. 88p. (Embrapa Soja. Documentos, 205).

PASCALE, N.C.; DE LA FUENTE, E. Generalidades. In: AMARO, E. **Produccion de girassol**. Buenos Aires: Asociacion Argentina de Consorcios Regionales de Experimentacion Agrícola, 1994. p.7-16. (Caderno de actualizacion tecnica, 40).

PELEGRINI, B. **Girassol**: uma planta solar que das Américas conquistou o mundo. São Paulo: Ícone, 1985. 117p.

PUTT, E.D. Early history of sunflower. In: SCHNEITER, A. A. (Ed.). **Sunflower technology and production**. Madison: American Society of Agronomy, 1997. p.1-19.

ROMANO, A.B. de; VÁZQUEZ, A.N. Origin of the argentine sunflower varieties. **Helia**, Novi Sad, v.26, n.38, p.127-136, 2003.

ROSSI, R.O. **Girassol**. Curitiba: Tecnoagro, 1998. 333p.

ROSSI, R.O. O girassol no Mercosul. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 10., 1993, Goiânia. **Resumos...** Campinas: IAC, 1993. p.3-5.

SELMECZI-KOVACS, A. Akklimatisation und verbreitung der sonnenblume in Europa. **Acta Ethnographica Academiae Scientiarum Hungaricae**, Budapest, v.24, n.1-2, p.47-88, 1975.

UNGARO, M.R.G. O girassol no Brasil. **O Agrônômico**, Campinas, v.34, p.43-62, 1982.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Faculdade de Agronomia. Departamento de Fitotecnia. Setor de Plantas de Lavoura. **A pesquisa com girassol**. Porto Alegre, 198-.12p. 1 folder.

VRÂNCEANU, A.V. **El girassol**. Madri: Ediciones Mundi-Prensa, 1977. 375p.

# 2

## O AGRONEGÓCIO DO GIRASSOL NO MUNDO E NO BRASIL

Joelsio José Lazzarotto  
Antônio Carlos Roessing  
Heveraldo Camargo Mello

### Introdução

O agronegócio tem papel fundamental para o desenvolvimento da economia brasileira. Isso porque responde por mais de 30% do produto interno bruto do País, dinamizando, assim, vasto conjunto de atores, atividades e segmentos organizacionais.

Dentro do agronegócio nacional, existem complexos agroindustriais, como o da soja e o de carnes, que já se destacam, tanto pela importância socioeconômica quanto pela organização estrutural. Além desses, há amplo número de outros complexos que, apesar de incipientes em termos de organização, possuem grandes possibilidades de expansão, especialmente no médio e longo prazos.

Dentre os complexos com grandes potenciais de crescimento, está inserido aquele relacionado com a exploração do girassol. Isso porque, *a priori*, pode-se inferir que no Brasil a produção, o processamento e o consumo da oleaginosa, bem como dos seus principais derivados (óleo e farelo), estão muito abaixo do potencial.

Ao serem efetuadas observações acerca do mercado mundial de girassol, constata-se, também, que a participação do Brasil, apesar das condições favoráveis, sobretudo para a produção, é bastante limitada devido a diversos fatores econômicos, sociais e tecnológicos.

Tomando como base essas considerações iniciais, foi elaborada esta seção, cujo objetivo geral foi apresentar e discutir relevantes aspectos envolvidos com a oferta e a demanda de girassol, tanto no Brasil como no mundo. Em termos de objetivos específicos, buscou-se atingir três principais:

- 1) evidenciar as características estruturais mais relevantes na exploração e no uso da oleaginosa;

- 2) avaliar o comportamento mundial do complexo agroindustrial do girassol, dispensando atenção especial a seis pontos: produção, consumo, exportação, importação, estoques e preços da matéria-prima e dos seus derivados; e
- 3) analisar importantes aspectos da exploração da oleaginosa no cenário nacional, visando identificar, sobretudo, oportunidades e desafios para a cultura no País.

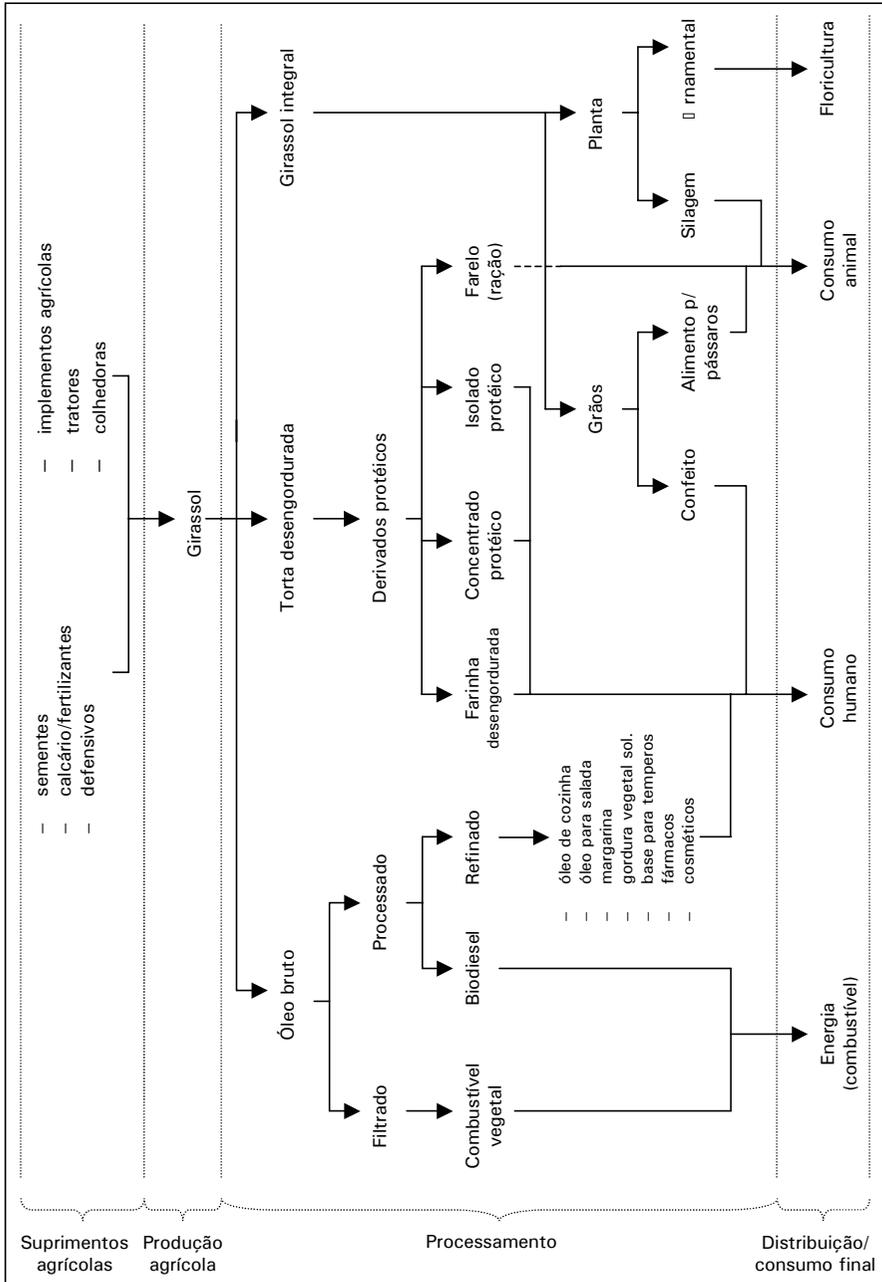
Para a consecução dos objetivos, foram elaboradas, além desta parte introdutória, outras quatro partes principais. Na segunda parte, discorre-se sobre as características do complexo agroindustrial do girassol. As análises e discussões acerca da oferta e da demanda mundiais de girassol e derivados estão apresentadas na parte três. Na parte quatro, dispensa-se atenção ao girassol no Brasil, enfatizando-se, principalmente, aspectos relacionados com produção, consumo e rentabilidade. Por fim, na seção cinco estão as considerações finais deste trabalho.

## **Características do complexo agroindustrial do girassol**

Ao se analisar o complexo agroindustrial do girassol, verifica-se que ele pode dinamizar o funcionamento de amplo conjunto de atores e segmentos organizacionais, envolvidos desde a produção e o fornecimento de suprimentos agrícolas até a comercialização final de produtos (Fig. 1).

Dentro desse complexo, inicialmente destaca-se o setor responsável pelos suprimentos agrícolas, que compreende, principalmente, as empresas que produzem e distribuem os insumos (sementes, fertilizantes e defensivos), as máquinas (tratores e colhedoras) e os implementos (distribuidores de calcário, plantadeiras, pulverizadores e outros) necessários para o cultivo do girassol. É importante enfatizar que esse setor não é específico para atender apenas os produtores dessa oleaginosa, pois fornecem recursos produtivos para amplo número de explorações agropecuárias.

No setor de produção observa-se a ocorrência de vários tipos de agricultores, com níveis tecnológicos distintos. A maior parte dessa produção é direcionada para atender o segmento industrial, voltado para a produção de óleo e farelo, com finalidades de atender, respectivamente, demandas da população humana e da alimentação animal. Contudo, há outras pos-



**Fig. 1.** Síntese do complexo agroindustrial do girassol.

sibilidades para os produtores abastecerem vários segmentos da sociedade, tendo em vista que existem interessantes alternativas de produção da oleaginosa. Dentre elas destacam-se as explorações voltadas para a alimentação de pássaros, produção de silagem, que podem ser utilizadas na alimentação, sobretudo, de ruminantes (principalmente, bovinos e ovinos), alimentação humana com girassol integral e produção ornamental que, no Brasil, está em fase final de adequação da estrutura de produção de sementes de nove cultivares de girassol colorido.

Essas informações sobre a produção evidenciam que a cultura, dependendo das condições produtivas e dos interesses dos agricultores, pode representar interessante opção econômica para, entre outras coisas, diversificar os seus sistemas produtivos, minimizando, com isso, potenciais problemas, técnicos e mercadológicos, decorrentes da maior especialização de atividades produtivas.

Quanto ao setor de processamento do girassol, na etapa inicial, podem ser obtidos quatro produtos principais (óleo bruto, torta desengordurada, grãos e plantas integrais), que são a base para a elaboração de novos derivados. Quase todo o óleo bruto produzido no mundo, obtido a partir dos processos de esmagamento e de extração com solventes orgânicos, é refinado visando a elaboração de diversos derivados usados na alimentação humana: óleos de cozinha e para salada, margarina, gordura vegetal sólida (hidrogenada) e bases para temperos. O óleo refinado é, também, usado na elaboração de fármacos e cosméticos.

Diante da crescente busca de novas alternativas energéticas, que venham a substituir, mesmo que parcialmente, o uso de derivados do petróleo, atualmente, têm sido ampliados estudos e iniciativas privadas direcionados ao processamento industrial do óleo bruto, visando a produção de biodiesel. No entanto, sobre esse tema, ainda existem muitas lacunas relacionadas a conhecimentos sobre aspectos técnicos e econômicos envolvidos com a produção e a utilização viáveis de óleo de girassol, na forma de biodiesel. Adicionalmente, mesmo não havendo comprovações científicas suficientes, que evidenciem as viabilidades técnica e econômica do produto como fonte de energia, tem-se constatada a ampliação de práticas, sobretudo em nível de propriedades rurais, de produção, por meio de esmagamento de grãos e filtragem do óleo bruto para utilizá-lo, como combustível vegetal, diretamente nas máquinas agrícolas.

Do processamento industrial do girassol, com cerca de 10% de umidade, além do óleo bruto, cujo teor no Brasil varia de 36% a 42% do peso do grão (há locais do mundo em que são obtidos grãos com teor de óleo

superior a 50%), é produzida a torta desengordurada (com até 2% de óleo), que possui proteínas de bom valor biológico. Com esse subproduto podem ser obtidos três derivados protéicos principais, destinados à alimentação humana: farinha desengordurada, concentrado protéico e isolado protéico, que possuem, respectivamente, 40%, 70% e 90% de proteína.

No entanto, com a torta desengordurada, em geral, é produzido farelo para ser utilizado na composição de rações para animais de produção, especialmente ruminantes e suínos. Esse subproduto também é utilizado, em menor escala, na confecção de alguns alimentos para animais de estimação (cães e gatos). Para a alimentação de aves, o uso de farelo obtido da oleaginosa apresenta certas restrições, devido, principalmente, aos teores de fibra e de alguns elementos químicos.

Por fim, em relação ao processamento do girassol, cabe destacar as novas alternativas de usos do grão e/ou da planta de forma integral. É importante ressaltar que essas alternativas, ainda, possuem mercados bastante restritos. Quanto aos grãos, têm-se desenvolvido materiais de girassol confeiteiro que, passando por processos de descacamento, torrefação e salgamento, pode ser comercializado de forma direta para a alimentação humana. Esse produto, popularmente, é conhecido como “amêndoa” de girassol.

No uso da planta inteira destacam-se os processamentos voltados para as produções de silagem e de ornamentais. No caso da silagem, alguns estudos têm mostrado que ela pode constituir em interessante opção técnica e econômica para ser utilizada, principalmente, na alimentação de ruminantes. A silagem de girassol, apesar de apresentar mais fibra que a silagem de milho, possui maior teor de proteína.

Quanto ao girassol ornamental, existe grande espaço para crescer. Isso porque já é grande o mercado de flores no Brasil e, devido ao desenvolvimento de girassol com várias cores e a própria beleza da planta, essa cultura poderá facilmente conquistar grande fatia desse mercado.

## **Oferta e demanda mundiais de girassol e derivados**

Esta seção está voltada à apresentação de importantes aspectos relativos ao panorama mundial do girassol e seus principais derivados: produção, consumo, exportação, importação, estoques e preços.

## Produção mundial de oleaginosas e derivados

Analisando os dados dispostos na Tabela 1, evidencia-se que a exploração mundial de oleaginosas está voltada, basicamente, para a obtenção de matérias-primas que, ao serem processadas, produzem dois grandes grupos de derivados (farelos e óleos), que constituem a base para a origem de novos produtos.

**Tabela 1.** Produção mundial de oleaginosas e derivados - 2003/2004.

Produto	Matéria-prima		Farelo		Óleo	
	(milhões t)	(%)	(milhões t)	(%)	(milhões t)	(%)
Soja	190,1	56,6	133,9	70,6	31,0	30,6
Colza	39,0	11,6	21,7	11,4	14,0	13,8
Algodão	35,2 <sup>1</sup>	10,5	12,0	6,3	3,8	3,8
Amendoim	32,1	9,6	5,9	3,1	5,0	4,9
Girassol	26,0	7,7	10,2	5,4	9,1	9,0
Palm kernel	8,1 <sup>2</sup>	2,4	4,2 <sup>4</sup>	2,2	3,6	3,6
Coco	5,4	1,6	1,7	0,9	3,3	3,3
Palma	143,5 <sup>3</sup>	–	–	–	28,7	28,3
Oliva	–	–	–	–	2,8	2,8
<b>Total</b>	<b>335,8</b>	<b>100</b>	<b>189,6</b>	<b>100</b>	<b>101,3</b>	<b>100</b>

<sup>1</sup> Carço de algodão;

<sup>2</sup> carço, cerne;

<sup>3</sup> milhões de t de cachos (cada cinco toneladas de cachos produz uma tonelada de óleo;

<sup>4</sup> representa o farelo de palma (o produto resultante do esmagamento do carço da palma).

Fonte: Adaptado pelos autores a partir de USDA (2004).

Na safra 2003/04, a produção mundial de matérias-primas, derivadas de sete produtos, foi de 335,8 milhões de toneladas. A soja foi a cultura que mais participou para a formação desse volume, pois correspondeu a 56,6% do total. Quanto ao girassol, ele constituiu a oleaginosa com o quinto maior volume produzido, respondendo por 7,7% do total.

Em termos de crescimento na produção de matérias-primas, no período compreendido entre 1990 e 2004 verificaram-se acentuadas diferenças na expansão das diferentes culturas. Considerando apenas as cinco oleaginosas mais produzidas no mundo, observou-se que, enquanto a soja foi a

que apresentou a maior taxa de crescimento anual (5,4%), o girassol teve o menor incremento (apenas 1,2% ao ano). Para as produções de colza, algodão e amendoim, os crescimentos anuais foram, respectivamente, de 3,7%, 4,3% e 5,2%.

Quanto à produção mundial de farelo, a soja, devido ao fato de estar entre as oleaginosas com menor teor de óleo (ao redor de 22%) e ser a mais produzida, na safra 2003/04, respondeu por cerca de 70,6% do total das 189,6 milhões de toneladas de farelo. O girassol, apesar de ter maior teor de óleo (em torno de 45%), possui menor área cultivada quando comparado com outras oleaginosas, contribuiu com apenas 5,4% do volume total de farelos produzidos no mundo.

Em relação à produção mundial de óleos vegetais, verificou-se que a soja, decorrente da alta produção de matéria-prima, na referida safra, teve a maior participação (30,6%) no total das 101,3 milhões de toneladas. Por sua vez, o girassol, apesar de ser apenas a cultura com a quinta maior produção de matéria-prima, devido ao alto teor de óleo, respondeu por 9% do volume de óleo.

De forma sintética, os dados apresentados na Tabela 1 evidenciam que, enquanto a soja tem como importante característica a produção de farelos protéicos de alta qualidade e em grande quantidade, o girassol tem alto rendimento no volume de óleo de excelente qualidade, que pode ser utilizado para diversos fins.

### **Aspectos relacionados com a oferta mundial de girassol**

Ao se analisar a oferta de girassol, inicialmente deve-se dispensar atenção especial aos dados relativos às evoluções da área, produção e produtividade mundiais da cultura. Nos últimos dez anos, a área aumentou cerca de 1,2% ao ano, passando de 18,6 para 22,7 milhões de hectares (aumento total de 22,0%). Apesar do aumento da área, a produção média do período praticamente se estabilizou próxima das 24,4 milhões de toneladas, havendo apenas pequenas oscilações. Essa estabilidade deve-se aos problemas na produtividade que, em termos mundiais, tendeu a apresentar ligeiro decréscimo: em torno de -1,2% ao ano. Assim, a produtividade mundial, que em 1994 era de 1.252 kg ha<sup>-1</sup>, passou para 1.145 kg ha<sup>-1</sup> no ano de 2003 (decréscimo total de 8,5%) (Tabela 2).

Os problemas na produtividade, observados nos últimos anos, podem ser atribuídos a alguns fatores principais:

**Tabela 2.** Evoluções da área, produção e produtividade de girassol no mundo.

Ano	Área (1.000ha)	Produção (1.000t)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
1994	18.630	23.331	1.252
1995	20.393	25.742	1.262
1996	18.961	23.800	1.255
1997	19.053	23.258	1.221
1998	21.459	26.611	1.240
1999	23.091	27.263	1.181
2000	20.016	23.182	1.158
2001	18.826	21.398	1.137
2002	20.234	23.902	1.181
2003	22.737	26.039	1.145

Fonte: Adaptado pelos autores a partir de USDA (2004).

- nos principais países produtores, em que se destaca a Argentina, houve deslocamentos da exploração da cultura em direção a áreas consideradas marginais. Isso porque grande parte das áreas originais, de melhor fertilidade, passou a ser utilizada para outros cultivos, sobretudo da soja;
- aumento do cultivo de girassol em áreas com problemas de fertilidade e/ou na tecnologia de produção em importantes países produtores, como a Rússia e a Ucrânia, que possuem baixas produtividades por hectare;
- maior ocorrência de doenças, principalmente ocasionadas por fungos;
- outros fatores relacionados, em especial, com questões de mercado (demanda), preços e custos de produção.

Embora a Tabela 2 evidencie decréscimo no desempenho produtivo, o girassol, desde que explorado em condições agroecológicas adequadas, observando os aspectos tecnológicos principais, tem potencial para trazer retornos bem mais expressivos do que os que têm sido observados nos últimos anos. Além disso, se o seu cultivo fosse constantemente deficitário, a queda na produção teria sido muito mais drástica.

Enquanto a produção de girassol tem apresentado certa estabilidade nos últimos dez anos, as exportações do produto, apesar da recuperação no ano de 2003, tenderam a apresentar decréscimos da ordem de 4,3% ao ano, situando-se, assim, ao redor das 2,7 milhões de toneladas (valor médio

exportado, anualmente, entre 1994 e 2003). Esses dados ressaltam que, no referido período, cerca de 11,2% do girassol produzido no mundo foi exportado na forma de grãos. Por outro lado, evidenciam que há tendências de aumentar a industrialização do produto nos principais países produtores (Tabela 3).

**Tabela 3.** Evoluções das produções e exportações mundiais de grãos, farelo e óleo de girassol (mil t).

Ano	Grãos		Farelo		Óleo	
	Pro- dução	Expor- tações	Pro- dução	Expor- tações	Pro- dução	Expor- tações
1994	23.331	2.545	9.603	2.425	8.248	2.910
1995	25.742	3.152	10.238	2.263	8.998	2.569
1996	23.800	3.285	10.063	2.309	8.575	3.147
1997	23.258	2.955	9.661	2.408	8.354	2.878
1998	26.611	3.756	10.608	2.949	9.228	3.096
1999	27.263	2.723	10.811	2.677	9.531	2.996
2000	23.182	2.570	9.504	2.293	8.331	2.209
2001	21.398	1.553	8.426	2.187	7.480	2.104
2002	23.902	1.956	9.143	2.286	8.260	2.364
2003	26.039	2.777	10.264	2.394	9.172	2.409

Fonte: Adaptado pelos autores a partir de USDA (2004).

Quanto à produção de farelo de girassol, nos últimos dez anos ela tem caído à taxa de 0,7% ao ano. Na média do período, foram produzidas cerca de 9,8 milhões de toneladas de farelo por ano, das quais 24,6% foram exportadas (no período, exportou-se, em média, 2,4 milhões de toneladas ano<sup>-1</sup>). Sobre essas exportações observou-se que tiveram ligeira queda, em torno de 0,3% ao ano.

Os dados relativos à produção de óleo de girassol permitem constatar uma queda de 0,2% ao ano. Assim, essa produção, na média do período, foi de 8,6 milhões de toneladas anuais, das quais ao redor de 31% foram exportadas. Essas exportações, que se situaram próximas das 2,7 milhões de toneladas ano<sup>-1</sup>, também apresentaram decréscimo anual, que foi estimado em 3,1%.

Analisando de forma global os dados apresentados na Tabela 3, pode-se verificar que apenas 35,4% do girassol (em equivalente grão) produzido no

mundo é exportado. O restante do produto é consumido e/ou armazenado nos próprios países produtores.

A maioria dos países que são maiores produtores de girassol e derivados, está localizada no Continente Europeu que, na safra de 2003, respondeu por aproximadamente 49,9%, 55,5% e 54,3%, respectivamente, das produções mundiais de grãos, farelo e óleo. Na produção de grãos, a Rússia participa com (18,6%), seguida da Ucrânia (16,3%), União Européia (14,9%) e Argentina (12,3%) (Tabela 4).

**Tabela 4.** Maiores produtores mundiais de girassol e derivados - 2003 (mil t).

País	Grãos	País	Farelo	País	Óleo
Rússia	4.850	União Européia	2.774	União Européia	1.968
Ucrânia	4.252	Rússia	1.620	Rússia	1.715
União Européia	3.890	Ucrânia	1.300	Ucrânia	1.300
Argentina	3.200	Argentina	1.250	Argentina	1.275
China	1.900	Índia	616	Índia	621
Índia	1.700	China	447	Turquia	440
Estados Unidos	1.209	Turquia	393	África do Sul	270
Mundo	26.039	Mundo	10.264	Mundo	9.172

Fonte: Adaptado pelos autores a partir de USDA (2004).

Em relação à produtividade de girassol, enquanto a média mundial da safra de 2003 foi de apenas 1.145 kg ha<sup>-1</sup>, entre os países foram observadas grandes variações de desempenho. Na Rússia, que é a maior produtora da oleaginosa, foi obtida produtividade de somente 1.000 kg ha<sup>-1</sup>. A Argentina, quarta maior produtora, registrou a melhor produtividade: 1.684 kg ha<sup>-1</sup>. O menor desempenho foi observado na Índia: apenas 607 kg ha<sup>-1</sup>. Essas diferenças produtivas podem ser atribuídas, principalmente, às variações que ocorrem entre os vários países nas condições de produção: clima, fertilidade do solo, emprego de tecnologias, ocorrência de doenças e outras.

O fato de a Argentina registrar a maior produtividade, de certo modo, representa um indicativo de que existe possibilidade de o girassol expandir e apresentar bons desempenhos também no Brasil, que ainda responde por apenas 0,6% da produção mundial da oleaginosa.

Na industrialização do girassol, os destaques são para a União Européia, Rússia, Ucrânia e Argentina, que representam, em ordem decrescente, os pa-

íses com maior industrialização do produto, visando as produções de farelo e óleo (Tabela 4).

Sobre as exportações por país, destacam-se a Ucrânia, Rússia e Argentina. Enquanto a Ucrânia responde pelas maiores parcelas das exportações mundiais na forma de grãos (32,4%) e óleo (39,4%), a Argentina é a maior exportadora de farelo de girassol (45,9% do total) (Tabela 5).

**Tabela 5.** Maiores exportadores mundiais de girassol e derivados - 2003 (mil t).

País	Grãos	País	Farelo	País	Óleo
Ucrânia	900	Argentina	1.100	Ucrânia	950
Rússia	400	Ucrânia	950	Argentina	835
Argentina	225	Romênia	130	Rússia	250
Bulgária	223	Rússia	100	União Européia	119
Estados Unidos	171	Bolívia	40	Estados Unidos	91
Romênia	170	Bulgária	20	Turquia	55
Servia e Montenegro	130	Índia	14	Romênia	20
Mundo	2.777	Mundo	2.394	Mundo	2.409

Fonte: Adaptado pelos autores a partir de USDA (2004).

### Aspectos relacionados com a demanda mundial de girassol

Nos últimos dez anos, a produção mundial de girassol apresentou certa estabilidade, ficando próxima das 24,4 milhões de toneladas ano<sup>-1</sup> e o consumo dessa matéria-prima também não apresentou grandes variações, situando-se em torno de 24,4 milhões de toneladas. Para o farelo, enquanto a produção tem caído 0,7% ao ano no período em questão (na média do período foram produzidas cerca de 9,8 milhões de toneladas ano<sup>-1</sup>), o consumo anual desse derivado caiu 0,4%, ficando, na média, em 9,7 milhões de toneladas. Em relação ao óleo de girassol, a produção teve decréscimos anuais de 0,2% (na média dos últimos dez anos foram produzidos ao redor de 8,6 milhões de toneladas ano<sup>-1</sup>). Já o consumo médio desse produto praticamente se estabilizou em 8,5 milhões de toneladas ao ano (Tabela 6).

Os dados dispostos na Tabela 6 demonstram que, no mercado mundial, apesar das pequenas variações observadas, existe grande equilíbrio entre a oferta e a demanda de girassol e derivados. Além disso, há amplo espaço

**Tabela 6.** Evoluções da produção e do consumo mundiais de grãos, farelo e óleo de girassol (mil t).

Ano	Grãos		Farelo		Óleo	
	Produção	Consumo	Produção	Consumo	Produção	Consumo
1994	23.331	23.227	9.603	9.152	8.248	8.030
1995	25.742	25.247	10.238	9.982	8.998	8.508
1996	23.800	24.248	10.063	10.162	8.575	8.804
1997	23.258	23.704	9.661	9.532	8.354	8.364
1998	26.611	26.214	10.608	10.286	9.228	8.910
1999	27.263	26.867	10.811	10.753	9.531	9.156
2000	23.182	23.824	9.504	9.669	8.331	8.521
2001	21.398	21.494	8.426	8.255	7.480	7.533
2002	23.902	23.478	9.143	9.080	8.260	8.059
2003	26.039	26.142	10.264	10.231	9.172	8.986

Fonte: Adaptado pelos autores a partir de USDA (2004).

para crescer tanto a produção como o consumo desses produtos. No entanto, esse crescimento tem sido limitado devido, em grande parte, ao maior preço do óleo de girassol, em comparação com os preços de outros óleos vegetais, para o consumidor final. Portanto, como a maior parte da população mundial tem grandes restrições orçamentárias, a demanda acaba sendo bastante restrita e, dessa forma, ainda não existem muitos estímulos para o aumento da oferta de girassol pois, entre outras coisas, poderia causar queda significativa do preço junto ao produtor.

Em termos de demanda é relevante também destacar que, na safra 2003, os países maiores consumidores do grão de girassol, visando, principalmente, a industrialização para obter óleo e farelo, foram a União Européia (21,3%), Rússia (17,1%), Ucrânia (12,8%) e Argentina (11,6%). Para atender o seu consumo, a União Européia é o maior importador mundial de girassol (grãos), pois importa cerca de 29,1% do que consome. Esses dados demonstram que a maior parte do parque industrial que realiza o processamento da oleaginosa no mundo está localizada no Continente Europeu, que é também o maior consumidor do produto. Para o farelo e o óleo, em 2003, os quatro maiores consumidores foram, em ordem decrescente, a União Européia, Rússia, Índia e Turquia (Tabela 7).

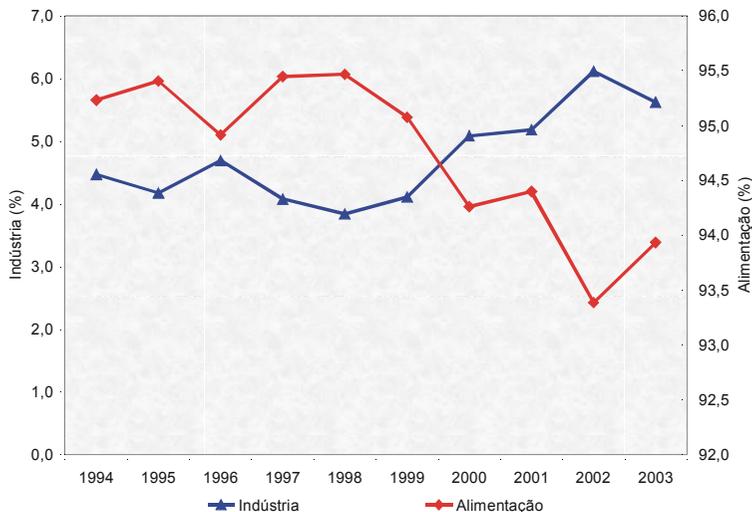
A grande maioria do óleo de girassol é direcionada, de forma direta, para a alimentação humana. Isso porque, apesar de nos últimos dez anos o uso

**Tabela 7.** Maiores consumidores mundiais de girassol e derivados - 2003 (mil t).

País	Grãos	País	Farelo	País	Óleo
União Européia	5.562	União Européia	4.609	União Européia	2.565
Rússia	4.470	Rússia	1.520	Rússia	1.570
Ucrânia	3.350	Índia	602	Índia	730
Argentina	3.030	Turquia	498	Turquia	505
China	1.835	China	467	Argentina	450
Índia	1.700	Ucrânia	350	Ucrânia	349
Estados Unidos	1.240	África do Sul	350	África do Sul	300
Mundo	26.142	Mundo	10.231	Mundo	8.986

Fonte: Adaptado pelos autores a partir de USDA (2004).

do produto para fins industriais, visando a elaboração de outros produtos, ter aumentado cerca de 3,6% ao ano, passando a representar 5,6% do consumo do óleo, mais de 93% do óleo de girassol, ainda, é consumido diretamente na alimentação (essa forma de consumo do produto tem caído cerca 0,2% ao ano) (Fig. 2). As de perdas de óleo, decorrentes de diversos processamentos do produto, situam-se próximas de 0,3%.

**Fig. 2.** Destinos (%) do óleo de girassol - 1994 a 2003.

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados do USDA (2004).

## **Estoques mundiais e preços do girassol e derivados**

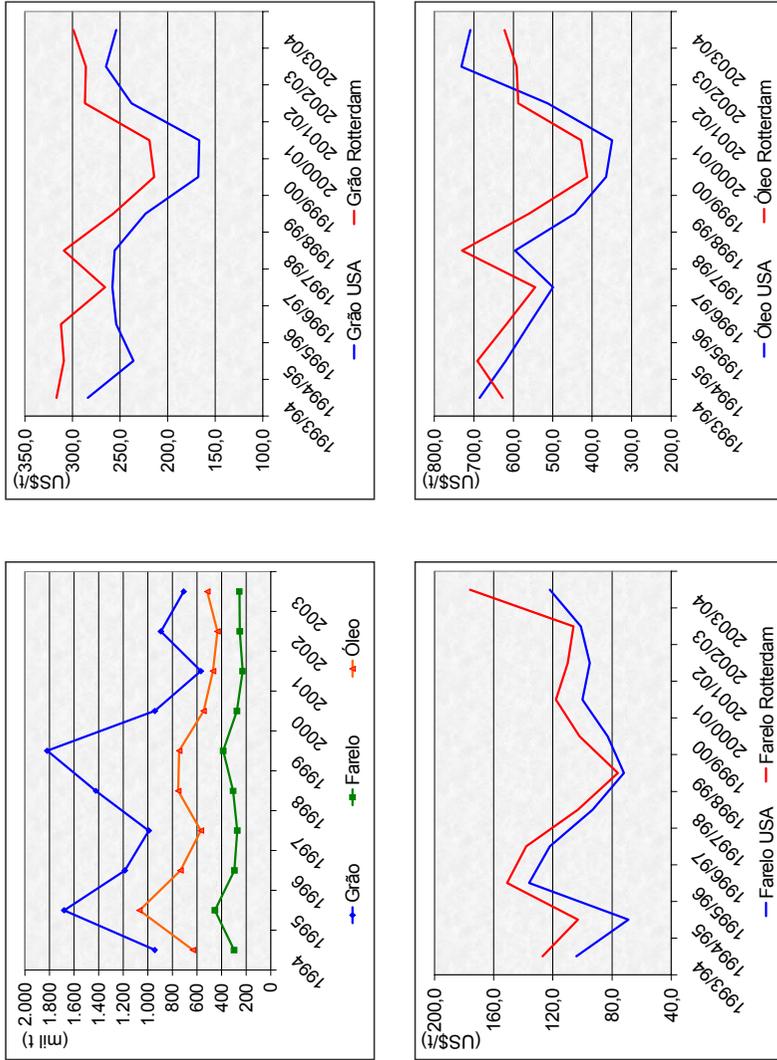
Para fazer análises acerca do mercado mundial de girassol, é importante verificar o comportamento dos estoques finais, pois fornecem relevantes indícios sobre tendências da oferta e da demanda mundiais, bem como dos preços praticados. Entre 1994 e 2003, os estoques de grãos caíram cerca de 6,4% ao ano, ficando, na safra 2003, em 707 mil toneladas. Os estoques mundiais de farelo de girassol, também, apresentaram decréscimos anuais da ordem de 6,1%, situando-se, no último ano, em 254 mil toneladas. Para o óleo de girassol, os estoques caíram 4,0% ao ano, mantendo-se, na safra 2003, em 515 mil toneladas.

Os dados relacionados aos estoques, que estão apresentados na Fig. 3, juntamente com aqueles dispostos nas Tabelas 3 e 6, de certa maneira, evidenciam que os preços pagos pelo girassol e seus principais derivados, nos próximos anos, tenderão a se manter próximos das médias históricas. Isso porque, embora os estoques tenham apresentado decréscimos anuais, são relativamente baixos e, na última década, foi registrada certa estabilidade, tanto na oferta quanto na demanda de girassol e derivados.

Apesar dessas observações, deve-se ressaltar que, nos últimos anos, têm sido verificadas grandes oscilações nos preços pagos pelos produtos em discussão (Fig. 3). Essas variações devem, em grande parte, ao fato de haverem vários produtos substitutos do girassol e dos seus derivados. Essa inferência é válida tendo em vista que, ao serem analisados os quadros de oferta e de demanda dessa oleaginosa, constata-se certa estabilidade em todo o período dos últimos dez anos, não sendo, portanto, a produção e o consumo as principais causas de ocorrências de significativas oscilações nos preços. Desse modo, é bastante provável que mudanças na oferta e na demanda de outros óleos nobres, concorrentes do girassol, como os de colza e de oliva, tiveram importantes influências nos preços em discussão.

Entre 1994 e 2003, enquanto os preços pagos ao produtor de girassol nos Estados Unidos variaram entre limites de US\$167,0 e US\$284,0 t<sup>-1</sup> (variação de 70,0%), em Rotterdam os preços CIF oscilaram entre US\$214,0 e US\$317,0 t<sup>-1</sup> (variação de 48,1%). Na média do período, os preços nos Estados Unidos e em Rotterdam, foram, respectivamente, de US\$237,6 e US\$279,5 t<sup>-1</sup>. Em ambos locais, os preços tenderam a cair em torno de 1,5% ao ano (Fig. 3).

Em relação ao farelo, no período em questão, enquanto os preços nos Estados Unidos variaram entre limites de US\$69,0 e US\$136,0 t<sup>-1</sup> (variação de 97,1%), em Rotterdam os preços oscilaram de US\$76,0 a US\$176,0



**Fig. 3.** Estoques e preços mundiais do grão, farelo e óleo de girassol<sup>1</sup>.

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de USDA (2003) e USDA (2004).

<sup>1</sup> Preços do grão: nos Estados Unidos corresponde ao preço pago ao produtor e em Rotterdam: é o preço CIF (valor em que está incluído o custo, o seguro e o frete). Preços do farelo: nos Estados Unidos é o preço FOB de Minneapolis (preço no porto, isento de frete e seguro) e em Rotterdam é o preço CIF. Preços do óleo: nos Estados Unidos é o preço FOB de Minneapolis e em Rotterdam é o preço FOB da Europa.

t<sup>-1</sup> (variação de 131,6%). Na média do período, os preços nos Estados Unidos e em Rotterdam, foram, respectivamente, de US\$99,7 e US\$119,1 t<sup>-1</sup>. Nesses dois locais, os preços apresentaram crescimentos anuais próximos de 0,5%.

Para o mercado de óleo, nos últimos dez anos, enquanto os preços nos Estados Unidos variaram de US\$350,0 e US\$731,0 t<sup>-1</sup> (variação de 108,8%), em Rotterdam os preços oscilaram entre US\$413,0 e US\$730,0 t<sup>-1</sup> (variação de 76,7%). Na média do período, os preços nos Estados Unidos e em Rotterdam, foram, respectivamente, de US\$551,8 e US\$582,9 t<sup>-1</sup>. Para os Estados Unidos, os preços tenderam a cair, ao redor de 0,6% ao ano. Em Rotterdam, também, houve decréscimo estimado em 1,7%.

## **O girassol no Brasil**

Nesta parte, são apresentados dados e discussões acerca do girassol no Brasil. Os pontos com maior destaque estão relacionados com a oferta, a demanda, os custos e a rentabilidade da oleaginosa no País.

### **Oferta e demanda do produto**

No Brasil, o girassol representa um cultivo que, predominantemente, é explorado após a colheita da safra normal de verão, ou seja, em sucessão a culturas como a soja e o milho. Para essa exploração, comumente denominada de “safrinha”, os produtores podem utilizar a maior parte dos recursos produtivos que dispõem na propriedade (mão-de-obra, máquinas, equipamentos e terra) e que, de outra forma, poderiam ficar ociosos em determinado período do ano. Além de diminuir essa ociosidade, a cultura pode contribuir para aumentar a diversificação do sistema produtivo, trazendo alguns importantes benefícios para a propriedade: aumentar as receitas e o fluxo de caixa; aproveitar melhor os recursos produtivos; trazer maior equilíbrio ecológico ao sistema produtivo; e outros.

Apesar das vantagens aparentes, o cultivo do girassol no País é, ainda, bastante limitado. Por exemplo, enquanto as áreas brasileiras cultivadas com soja e milho, na safra 2003/04, foram, respectivamente, de 21,2 milhões e 12,8 milhões de hectares (CONAB, 2004), a área destinada à oleaginosa foi de somente 94 mil hectares, que representou apenas 0,4% e 0,7% dos valores relativos, respectivamente, às áreas de soja e milho (Tabela 8).

**Tabela 8.** Evoluções da área, produção e produtividade de girassol no Brasil<sup>1</sup>.

Ano	Área (ha)	Produção (t)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
1999	77.000	116.000	1.506
2000	90.000	135.000	1.500
2001	97.000	141.000	1.454
2002	95.000	128.000	1.347
2003	93.000	121.000	1.301
2004	94.000	147.000	1.564

<sup>1</sup> Os dados relativos à área e à produção, apresentados na Tabela 8, foram obtidos por meio de levantamentos de campo realizados pela Embrapa Soja junto aos principais produtores e distribuidores de sementes de girassol no Brasil.

Fontes: Resultados de pesquisa de campo da Embrapa Soja e CONAB (2004).

Em termos de evolução, analisando as últimas três décadas, observou-se que a área cultivada com girassol no Brasil apresentou expressivas variações. Por exemplo, nos anos de 1981 e 1985 as áreas cultivadas com a cultura totalizaram, respectivamente, 58 mil e 3 mil hectares (redução de 94,8%). Essas grandes oscilações podem ser atribuídas a diversos fatores, que tiveram presentes, sobretudo na década de 1980, na exploração da cultura: fragilidade das variedades existentes; baixa produtividade e falta de tradição na exploração do girassol; problemas na comercialização e na industrialização; e, principalmente, escassez de tecnologias para a cultura e, principalmente, no início da década de 80, condições climáticas adversas, causando queda de produção de até 80% devido à ocorrência de doenças pelo excesso de umidade (Vieira, 2001).

Embora a área nacional efetivamente explorada com girassol seja muito limitada, ao se considerar as condições agroecológicas necessárias para viabilizar tecnicamente o cultivo dessa oleaginosa, bem como as diferentes particularidades regionais que cercam o País, pode-se inferir, *a priori*, que a cultura poderia ser desenvolvida em uma área próxima dos 10 milhões de hectares. Contudo, mesmo havendo condições técnicas para essa ampla expansão, atualmente alguns fatores continuam representando fortes limitantes do avanço do girassol no Brasil: o mercado ainda gera grande insegurança para muitos produtores; grande parte dos possíveis agricultores, que possuem características e disponibilidade de recursos produtivos para explorar o girassol, desconhecem o potencial e as

técnicas de produção da cultura; existe necessidade de aprimorar alguns conhecimentos e tecnologias relacionadas, principalmente, com o manejo da cultura em nível de sistema de produção; os preços praticados no Brasil são pouco atrativos; e o mercado consumidor brasileiro é bastante limitado, especialmente em função de restrições, que ocorrem tanto na renda da maioria da população, como nos diferenciais de preços entre os óleos de girassol e de soja (no mercado consumidor, o preço do óleo de girassol, ainda, é em torno de 70% a 75% maior que o preço do óleo de soja).

Mesmo com todas as limitações e dificuldades, ao serem analisados apenas os últimos seis anos, observou-se no País um crescimento mais acentuado e consistente na área explorada com girassol. Essa área aumentou a taxas de 3,1% ao ano, passando de 77 mil para 94 mil hectares (aumento total de 22,1%). Porém, a taxa de crescimento anual da produção, nesse mesmo período, foi menor do que a da área: apenas 2,2%, deslocando-se, assim, de 116 mil para 147 mil toneladas. Essa menor expansão da produção deve-se a resultados relacionados com a produtividade da cultura que no período referido apresentou momentos de crescimento e de decréscimo, que resultaram em uma taxa média de crescimento de -0,9% ao ano. A produtividade, por exemplo, variou entre limites de 1.301kg ha<sup>-1</sup> e 1.564 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, nas safras 2002/03 e 2003/04 (Tabela 8).

Sobre os sistemas de produção de girassol, verificam-se importantes diferenças regionais. Na Região Centro-Oeste, predominam médios e grandes produtores da oleaginosa. Na Região Sul, predominam pequenos produtores que, ao contrário do Centro-Oeste, podem ser considerados agricultores familiares. Isso porque, além de possuírem pequenas áreas, a maior parte da mão-de-obra despendida no processo produtivo provém das próprias famílias.

Quanto aos Estados produtores, os destaques principais são Goiás (maior produtor de girassol do País), São Paulo, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Rio Grande do Sul e Paraná.

Para a exploração da cultura, existem também grandes diferenças no nível tecnológico empregado. As diferenças mais marcantes estão relacionadas, sobretudo, ao tipo de preparo do solo (semeadura direta ou convencional<sup>1</sup>),

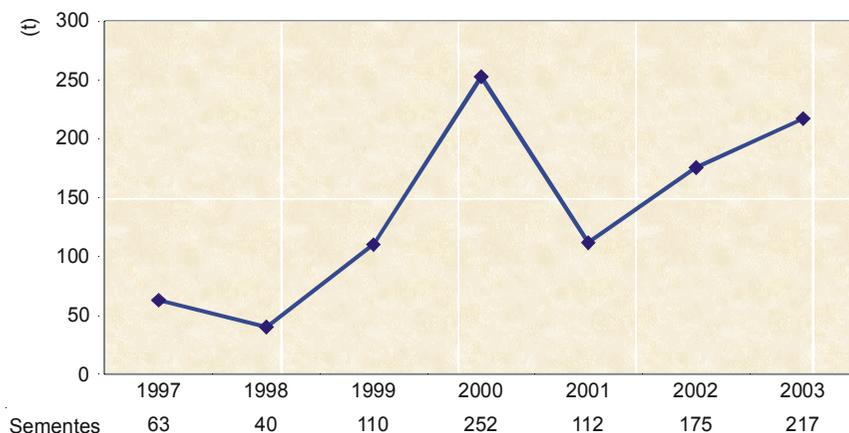
---

<sup>1</sup> A *semeadura direta*, ao contrário da convencional, tem como característica principal o fato de ser feita diretamente sobre a palha. Além disso, há redução no número de operações, pois são dispensadas as atividades de aração e gradagem.

às sementes utilizadas (sementes híbridas ou variedades<sup>2</sup>), às quantidades de fertilizantes aplicadas e à época de semeadura (safra normal de verão ou após a cultura cultivada no verão).

Especialmente em relação às sementes de girassol, até a safra 2002/03, praticamente todo esse insumo era importado da Argentina. A partir da safra 2003/04, apesar de continuar havendo importação, houve significativa ampliação dos campos de produção de sementes no próprio País.

Quanto às importações desse insumo, ao se analisar o período de 1997 a 2003, verifica-se um crescimento da ordem de 23,8% ao ano, passando de 63 mil para 217 mil quilos, respectivamente, nos anos de 1997 e 2003 (Fig. 4). Esse aumento, de certa maneira, evidencia a expansão da cultura no País e a crescente preocupação, por parte da maioria dos produtores, em utilizar, nos seus sistemas produtivos, materiais com maior potencial de produção. Considerando que são utilizados em torno de quatro quilos



**Fig. 4.** Evolução das importações de sementes de girassol pelo Brasil.

Fonte: Adaptado de MDIC/AliceWeb (2004).

<sup>2</sup> Enquanto as sementes híbridas correspondem a genótipos oriundos de cruzamentos de duas ou mais linhagens ou híbridos, as sementes de variedades são genótipos originários de polinização aberta. Em termos de produção, as sementes híbridas, em relação às variedades, produzem plantas com maior homogeneidade e uniformidade e têm maior potencial produtivo. Híbridos podem resultar em produtividades médias que variam de 1.800 kg ha<sup>-1</sup> a 2.000 kg ha<sup>-1</sup>. Por outro lado, as variedades, desde que adotada a tecnologia adequada para o sistema de produção, em geral, têm potencial para produzir entre 1.500 kg ha<sup>-1</sup> e 1.700 kg ha<sup>-1</sup>. Outra diferença importante entre esses tipos de sementes está relacionada aos custos de aquisição. As sementes híbridas têm custos bem mais acentuados. Na safra 2003/04, enquanto as despesas com sementes híbridas totalizaram cerca de US\$40,0 ha<sup>-1</sup>, os gastos com variedades situaram-se em US\$7,0 ha<sup>-1</sup>.

de sementes de girassol para cultivar um hectare, é possível estimar que, na safra 2003/04, as sementes importadas da Argentina permitiram o cultivo de cerca de 54,2 mil hectares. Isso significa que 57,7% da área brasileira explorada com a cultura, na referida safra, foi cultivada com sementes importadas.

Em relação às sementes, também, é importante ressaltar que no Brasil há programas de melhoramento que já conseguiram boas variedades e estão desenvolvendo atividades de P&D visando obter, também, híbridos de alta competitividade em relação aos importados. Sobre os demais componentes tecnológicos (adubação, controles de pragas, colheita e outros) envolvidos com os sistemas de produção de girassol, pode-se enfatizar que, embora exista necessidade de aprimorar determinados aspectos técnicos, especialmente a partir do final da década de 1980, iniciou-se a realização de investimentos mais acentuados em pesquisa direcionada para o desenvolvimento de maior número de tecnologias e conhecimentos, que possibilitem a exploração mais adequada, em termos técnicos e econômicos, do girassol no Brasil. Com isso, atualmente já se possui um bom estoque de tecnologias e conhecimentos, que podem garantir a produção mais eficiente da cultura em diferentes regiões brasileiras, de acordo com suas características e condições sociais, econômicas e agroecológicas.

Quanto ao setor de industrialização do girassol no País, é formado, principalmente, por pequeno número de médias e grandes indústrias, localizadas, sobretudo, nos estados de Goiás, de São Paulo, do Paraná e do Rio Grande do Sul. Essas indústrias processam o girassol visando, basicamente, atender demandas alimentares da população brasileira (demandas de óleo). Além dessas empresas, existem no Brasil várias pequenas plantas industriais, que estão processando a oleaginosa para outros fins, em que se destaca a produção de biodiesel. No entanto, esse tipo de finalidade é, ainda, bastante incipiente.

Para atender toda a demanda nacional de girassol (grão) e derivados (farelo e óleo), o Brasil, também, importa esses produtos. Nessas importações, a grande maioria refere-se a óleos, pois no ano de 2003, das importações de girassol e derivados, 79,0% corresponderam a óleos (Tabela 9).

De 1996 a 2003, as importações de óleo bruto, que é o derivado de girassol mais adquirido no mercado externo (na média do período, foram importadas 20.184 toneladas por ano), apresentaram grandes oscilações anuais, com variações entre limites de 32.557 e 12.432, respectivamente, nos anos de 2000 e 2002. Em todo esse período, as importações do produto tenderam a apresentar ligeiro decréscimo anual, da ordem de -1,2%.

**Tabela 9.** Evoluções das importações e exportações brasileiras de girassol e derivados (t).

Ano	Importações				Exportações				
	Grão	Farelo	Óleo bruto	Óleo refinado	Outros <sup>1</sup>	Grão	Óleo bruto	Óleo refinado	Outros <sup>1</sup>
1996	6.807	1.998	20.298	0	34.837	17	1.511	9	0
1997	3.691	5.060	17.614	0	42.938	31	15.410	3	0
1998	6.430	18.460	17.782	0	60.668	0	1.013	4	0
1999	9.118	10.624	19.479	0	7.413	0	5	87	0
2000	8.624	7.759	32.557	22.555	4.098	1	15	18	1
2001	3.669	200	22.247	13.579	921	0	0	0	27
2002	2.280	2.299	12.432	6.889	676	0	0	0	16
2003	5.327	2.000	19.065	7.454	1.070	4	1.000	0	15

<sup>1</sup> Outros óleos.

Fonte: Adaptado de MDIC/AliceWeb (2004).

Para o óleo refinado, nos últimos quatro anos, houve decréscimo anual de 40% nas importações, o que demonstra que o parque industrial brasileiro, devido a maior realização de investimentos, vem se modernizando de modo a aumentar o refino do óleo bruto importado ou processar toda a produção visando obter óleo já refinado.

Em relação às importações de grão, de 1996 a 2003, elas também apresentaram oscilações, que tenderam a queda de 7,0% ao ano. Essa queda, de certa maneira, é reflexo do aumento da produção interna de girassol. Nesse período, importaram-se, em média, 5.743 toneladas de grãos de girassol por ano.

Para o farelo de girassol, entre 1996 e 2003, as variações nas importações foram acentuadas, resultando em taxa anual média de crescimento de -16,2%. Esse decréscimo, também, pode ser atribuído ao maior processamento interno do girassol, decorrente do aumento da produção própria no País. Na média do período, foram importadas 6.050 toneladas de farelo por ano (Tabela 9).

Apesar de o Brasil comercializar, internacionalmente, grãos e óleo de girassol, os volumes exportados desses produtos são bastante reduzidos. Desse modo, ao se descontar das importações os valores relativos às exportações de produtos, para o País atender toda a demanda interna de grãos e óleos de girassol, na safra 2003/04, deveriam ser cultivados ao redor 139.882 hectares. Isso porque, considerando a produtividade de  $1.564 \text{ kg ha}^{-1}$ , para obter uma produção de 218.775 toneladas, que permitiria atender a referida demanda, deveriam ser adicionados 45.882 hectares aos atuais 94.000 hectares. Portanto, considerando a demanda atual, para o Brasil ficar auto-suficiente deveria aumentar em 48,8% a área cultivada com girassol.

## **Custos e rentabilidade na produção de girassol**

A inserção do girassol no processo produtivo pode ser viabilizada pelo fato de que a sua cadeia produtiva utiliza, com algumas adaptações técnicas, a mesma estrutura produtiva disponível para a produção e o processamento da maior parte dos outros grãos. Além disso, devido à oleaginosa, em algumas regiões do Brasil, poder ser semeada a partir de fevereiro, ou seja, após a colheita da safra normal de verão, há possibilidades para que, tanto o produtor rural quanto o industrial, diminuam a ociosidade dos fatores de produção empregados na produção e no processamento da soja e/ou do milho.

Esses aspectos sobre a produção evidenciam que a cultura, dependendo das condições produtivas e dos interesses dos agricultores, pode representar interessante opção econômica para, entre outras coisas, diversificar os sistemas produtivos, minimizando, assim, potenciais problemas decorrentes da maior especialização de atividades produtivas.

Contudo, para introduzir o girassol no sistema de produção é fundamental a realização de avaliações e de um planejamento prévio acerca de alguns pontos principais: mercado comprador da matéria-prima (quem irá comprar a produção); condições tecnológicas, recursos produtivos e investimentos necessários; produtividade potencial na região; preço pago ao produtor; e custos de produção envolvidos com a exploração da cultura.

Em relação ao valor do produto, com base na Fig. 5, pode-se observar a evolução dos preços médios praticados nos Estados Unidos e no Brasil. Entre as safras 1997/98 e 2003/04, o preço médio nos Estados Unidos foi de US\$13,5 por saca de 60kg. Apesar das grandes oscilações, com limites de US\$10,0 e US\$15,9  $sc^{-1}$ , os preços recebidos pelos agricultores nesse



**Fig. 5.** Preços médios pagos aos produtores de girassol nos Estados Unidos e no Estado de Goiás e preço mínimo estabelecido no Brasil.

Fontes: USDA (2003), Preço (2004) e resultados de pesquisa de campo.

país cresceram, em média, 2,4% ao ano. Por outro lado, analisando os dados para o Estado de Goiás, que é o maior produtor nacional da oleaginosa, verifica-se que, no mesmo período, a média anual de preços foi de US\$10,6 sc<sup>-1</sup>, ou seja, 21,5% menor que nos Estados Unidos. Além disso, em Goiás os preços pagos aos produtores tenderam a apresentar ligeira queda, estimada em 1,6% ao ano.

Esses dados evidenciam que os produtores de girassol norte-americanos obtêm remunerações bem mais acentuadas que aquelas dos produtores brasileiros. Essa menor remuneração, de certa maneira, acaba limitando a expansão da cultura no País. Associado a isso, o preço mínimo para a oleaginosa, estabelecido pelo governo brasileiro, nos últimos sete anos, tem sido em média de apenas US\$4,9 sc<sup>-1</sup>. Nesse caso, de acordo com a tecnologia empregada no sistema produtivo, o preço mínimo será suficiente apenas para cobrir parte dos desembolsos realizados, a curto-prazo, no processo produtivo.

Quanto aos custos de produção, eles são classificados em três tipos: variável, fixo e total. O custo total é formado pelo somatório dos custos variável e fixo. O variável representa o somatório dos desembolsos reais realizados pelos agricultores em cada safra. Portanto, representa gastos relacionados com insumos (corretivos, fertilizantes, defensivos e sementes), operações agrícolas (mão-de-obra operacional, óleo diesel, lubrificantes e transporte da produção) e outros itens (mão-de-obra temporária, assistência técnica, juros sobre o capital mobilizado<sup>3</sup>, recepção do produto e pagamentos de taxas e tributos).

O custo fixo constitui, basicamente, o somatório das despesas fixas e de reposição dos bens de capital. Portanto, é resultante, principalmente, de dispêndios referentes à mão-de-obra permanente, depreciação dos bens de capital, seguro e manutenção de máquinas e equipamentos e juros sobre o capital imobilizado.

A partir dessas definições de custos, na safra 2003/04, a equipe de economia rural da Embrapa Soja estimou o custo de produção de girassol híbrido na Região Centro-Oeste do Brasil (Tabela 10). É importante ressaltar que essas estimativas foram baseadas em informações de campo, coletadas junto a produtores e técnicos, correspondentes aos compo-

---

<sup>3</sup> Despesas com juros sobre os capitais mobilizado e imobilizado representam custos de oportunidade, ou seja, os retornos possíveis caso os valores desses capitais, ao invés de ser utilizados no processo produtivo, fossem aplicados no mercado financeiro.

**Tabela 10.** Estimativa do custo médio de produção do girassol<sup>1</sup> para a Região Centro-Oeste do Brasil - safra 2003/04 (US\$ ha<sup>-1</sup>).

	Item	Unidade	Quantidade	Custo fixo	Custo variável	Custo total	%	
Insumos	Calcário <sup>2</sup>	t	4,00 <sup>1</sup>	0,0	15,0	15,0	4,7	
	Herbicida de dessecação 1	l	2,00	0,0	9,2	9,2	2,9	
	Herbicida de dessecação 2	l	0,30	0,0	1,2	1,2	0,4	
	Boro	l	3,00	0,0	10,0	10,0	3,1	
	Semente	kg	4,00	0,0	40,0	40,0	12,5	
	Tratamento de semente (inseticida)	l	0,08	0,0	2,9	2,9	0,9	
	Adubação (05-20-20)	t	0,25	0,0	57,5	57,5	18,0	
	Uréia	t	0,08	0,0	21,5	21,5	6,7	
	Herbicida pós-emergente - 1	l	2,00	0,0	14,0	14,0	4,4	
	Herbicida pós-emergente - 2	l	0,40	0,0	14,7	14,7	4,6	
	Inseticida 1	l	0,07	0,0	2,2	2,2	0,7	
	Inseticida 2	l	0,07	0,0	2,2	2,2	0,7	
	Sub-total 1				0,0	190,4	190,4	59,7
	Máquinas/equipamentos e operações	Manutenção de terraço	h	0,40	3,0	3,4	6,4	2,0
Calagem		h	0,10	0,7	0,7	1,5	0,5	
Plantio/adubação		h	0,90	7,0	7,6	14,6	4,6	
Adubação de cobertura		h	0,54	3,7	4,2	7,9	2,5	
Aplicação de herbicidas		h	0,54	8,0	8,5	16,5	5,2	
Aplicação de inseticidas		h	0,55	8,2	8,6	16,8	5,3	
Colheita mecanizada		h	0,60	11,8	5,8	17,5	5,5	
Transporte da produção		\$	-	0,0	8,0	8,0	2,5	
Sub-total 2				42,4	46,8	89,1	28,0	
Outros	Mão de obra permanente	-	-	2,6	0,0	2,6	0,8	
	Mão de obra temporária	-	-	0,0	0,9	0,9	0,3	
	Assistência técnica	-	-	0,0	5,0	5,0	1,6	
	Juro sobre o mobilizado	-	-	0,0	12,8	12,8	4,0	
	Juro sobre o imobilizado	-	-	4,5	0,0	4,5	1,4	
	Recepção/secagem/limpeza	-	-	0,0	6,4	6,4	2,0	
	CESSR (Funrural)	-	-	0,0	7,1	7,1	2,2	
	Sub-total 3				7,1	32,2	39,3	12,3
Total (sub-totais 1 + 2 + 3)				49,5	269,4	318,9	100,0	
Total (%)				15,5	84,5	100,0	-	

<sup>1</sup> Sistema de produção com girassol híbrido, que possui potencial de produtividade superior a 1.800kg ha<sup>-1</sup>. A taxa de câmbio utilizada foi US\$1,0=R\$3,0.

<sup>2</sup> Essa quantidade corresponde a aplicação total de calcário a cada quatro anos. Assim, o valor do custo anual apresentado representa somente 25% do custo total do calcário.

Fonte: Resultados de pesquisa realizada pelos autores.

nentes tecnológicos mas utilizados para a exploração da cultura na referida região. Além disso, a estrutura de custos contempla todas as despesas fixas e variáveis, ou seja, representa “um custo cheio”. Isso significa que o produtor, dependendo, sobretudo, da tecnologia que emprega (semente híbrida ou variedade, quantidade de adubação etc.) e dos preços pagos pelos recursos produtivos, poderá apresentar estruturas de custos diferentes.

Analisando os dados constantes na Tabela 10, observa-se que, para o produtor de girassol híbrido minimizar os riscos de ter prejuízos econômicos deveria produzir em torno de  $1.800 \text{ kg ha}^{-1}$  ( $30 \text{ sc ha}^{-1}$ ). Com essa produtividade, o custo total seria em torno de  $\text{US\$}318,9 \text{ ha}^{-1}$  ou  $\text{US\$}10,6 \text{ sc}^{-1}$ , que corresponde a um valor médio próximo ao que tem sido pago, nas últimas safras, ao produtor do Estado de Goiás. Caso a produtividade obtida, utilizando a mesma tecnologia apresentada na Tabela 10, fosse de  $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$  ( $35 \text{ sc ha}^{-1}$ ), o custo total ficaria em  $\text{US\$}322,7 \text{ ha}^{-1}$  ou  $\text{US\$}9,2 \text{ sc}^{-1}$  (o custo unitário seria cerca de 13,0% menor). Portanto, com base nesses valores, os preços mínimos de venda do girassol, visando cobrir todos custos, para as produtividades de  $1.800$  e  $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ , deveriam ser, respectivamente, de  $\text{US\$}10,6 \text{ sc}^{-1}$  e  $\text{US\$}9,2 \text{ sc}^{-1}$ .

Referente aos itens que compõem a estrutura de custos, na Tabela 10 pode-se verificar que o custo variável representou cerca de 85% do custo total. Para a formação do custo total, os fertilizantes (boro, fósforo, nitrogênio e potássio) e as sementes responderam, respectivamente, por 27,8% e 12,5%, constituindo, assim, os itens que mais oneram a produção de girassol.

Ao analisar a estrutura de custos no curto prazo é interessante dispensar maior atenção ao custo variável, que representa os reais desembolsos realizados pelo agricultor. Com base nesse custo, pode-se identificar o preço mínimo de venda que o produtor deveria negociar o seu produto para cobrir apenas esses desembolsos. Com produtividades de  $1.800 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$  o custo variável e, conseqüentemente, os preços mínimos por saca, deveriam ser, respectivamente, de  $\text{US\$}9,0$  e  $\text{US\$}7,8$ . Por outro lado, partindo-se de um preço pré-estabelecido de  $\text{US\$}10,5 \text{ sc}^{-1}$  de girassol, para pagar apenas os custos variáveis, a produtividade mínima, utilizando a tecnologia apresentada na Tabela 10, deveria ser ao redor de  $1.500 \text{ kg ha}^{-1}$ .

## **Considerações finais**

Ao serem analisados os contextos nacional e internacional do girassol, pôde-se evidenciar oportunidades e alguns problemas para o complexo agroindustrial da cultura no País. Em relação às oportunidades, destaca-se o fato de a cultura ser interessante opção, técnica e econômica, para diversificar, por exemplo, muitos sistemas de produção caracterizados, principalmente, pelo monocultivo que, no decorrer do tempo, tende a trazer conseqüências negativas ao meio ambiente.

Apesar dos baixos volumes referentes à produção e ao consumo internos de girassol e derivados, a exploração nacional da oleaginosa tem grandes possibilidades de aumentar de maneira significativa. Essa prospecção pode ser atribuída, em grande parte, às novas oportunidades que têm se apresentado no uso do produto, que ainda é direcionado, basicamente, para a produção de óleo comestível, e aos investimentos e incentivos que vêm sendo efetuados por algumas importantes indústrias de processamento instaladas no Brasil.

Entretanto, para que o girassol possa se expandir de forma mais acentuada e sustentável no País, existem alguns importantes desafios a serem superados. Muitos desses desafios estão relacionados com a intensificação de investimentos em pesquisa e desenvolvimento, visando atingir alguns objetivos principais: obter maior estabilidade de produção; gerar genótipos mais resistentes às doenças; ter maiores informações em relação às atividades de manejo do sistema de produção; gerar informações mais precisas sobre as alternativas de diferentes usos do produto; e outros.

Além dos investimentos em P&D, é necessário adotar mecanismos relacionados com aspectos socioeconômicos. Em relação a esse ponto, destaca-se a necessidade de que o produtor rural, além de estar mais integrado com a indústria processadora, esteja preparado, em termos gerenciais, para introduzir a cultura no seu sistema de produção. Com isso, busca-se fazer com que o produtor analise e planeje, previamente, as exigências e os possíveis resultados técnicos e econômicos que podem ser obtidos com o cultivo de girassol. Adicionalmente, devido à alta qualidade nutricional da oleaginosa para a alimentação humana, é fundamental elaborar estratégias no sentido de incrementar o consumo interno, sobretudo, do óleo, que ainda é muito limitado devido, em grande parte, a restrições de renda da população. Essas estratégias poderiam estar relacionadas, por exemplo, com a ampliação de investimentos em marketing e com a diferenciação de produtos, resultando, conseqüentemente, em preços diferenciados para atingir maior número de consumidores.

## Referências

CONAB. **Acompanhamento da safra 2003/2004**: sexto levantamento, ago./2004. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 06 set. 2004.

MDIC/AliceWeb. **Importação brasileira**: 1996 a 2004. Disponível em: <<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/alice.asp>>. Acesso em: 09 dez. 2004.

PREÇO mínimo do girassol 1972-2004 CONAB [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <[acr@cnpso.embrapa.br](mailto:acr@cnpso.embrapa.br)> em 28 set. 2004.

USDA. Foreign Agricultural Service. **Oilseeds**: world market and trade. Washington: USDA, 2003. 32p. (Circular Series, FOP 12 - 03).

USDA. United States Department of Agriculture. Disponível em: <<http://www.ers.usda.gov/data/sdp>>. Acesso em: 13 mai. 2004.

VIEIRA, O.V. O girassol como opção. **Globo Rural**, São Paulo, p.74. mar. 2001.



# ÓLEO DE GIRASSOL COMO ALIMENTO FUNCIONAL

José Marcos Gontijo Mandarino

## Introdução

Embora o óleo mais consumido no Brasil seja o de soja, a demanda por óleos vegetais com uma composição química especial vem aumentando nos últimos 5 anos. Atualmente, o consumo brasileiro de óleos vegetais é estimado em 4 milhões de toneladas. Deste total, cerca de 15% corresponde a óleos e azeites com propriedades funcionais, como é o caso do óleo de girassol.

Assim, óleos como os de girassol, oliva, palma, fibras de milho, “tall oil”, peixes marinhos e de linhaça têm tido seus valores comerciais bastante aumentado, devido à presença de compostos especiais, como ácidos graxos poliinsaturados, fitosteróis, tocoferóis (vitamina E),  $\beta$  carotenos ou pró-vitamina A e fosfolípidios, dentre outros. A presença destes compostos caracteriza esses óleos como alimentos funcionais.

Nos últimos anos houve grande incremento na produção brasileira de girassol. Na safra 2003/2004, foram produzidas 86.300 toneladas de grãos, numa área plantada equivalente a 56.000 hectares. A produtividade média foi de 1.550 kg ha<sup>-1</sup>. O principal estado produtor é Goiás, que responde por cerca de 50% da produção nacional. A produção brasileira de girassol corresponde a 0,33% da produção mundial (CONAB, 2004). No início da década de 90, o Brasil importava entre 10 e 12 mil toneladas da Argentina (Turatti, 2000). Atualmente, a importação anual é da ordem de 6 mil toneladas de grãos e 30 mil toneladas de óleo (CONAB, 2004).

## Propriedades funcionais do óleo de girassol

A semente de girassol possui, em média, em sua composição cerca de 24% de proteínas, 47% de matéria graxa, 20% de carboidratos totais e 4% de minerais. O óleo de girassol é rico em ácidos graxos insaturados, desta-

cando-se o ácido linoléico, cerca de 60 %, considerado essencial à saúde humana (Tabela 1).

Os ácidos graxos essenciais são aqueles que, contrariamente a todos os outros, não podem ser sintetizados pelo organismo humano, por meio das vias metabólicas próprias. Como os ácidos graxos essenciais não são produzidos pelo organismo, os mesmos são obtidos por meio da ingestão de alimentos onde estão presentes, como é o caso dos óleos vegetais e dos organismos marinhos (peixes e crustáceos).

Um dos ácidos graxos essenciais mais importantes é o ácido linoléico, C18:2  $\omega$ 6, presente em grandes concentrações no óleo de girassol. Pertence ao grupo dos ácidos graxos ômega 6, também descritos com letra grega,  $\omega$ 6, e assim chamados por apresentarem a primeira insaturação (dupla ligação), na cadeia carbônica, no sexto átomo de carbono, a partir do lado

**Tabela 1.** Perfil de ácidos graxos do óleo de girassol.

Ácidos graxos	Teor porcentual* (g/100g)
Capróico (C6:0)	–
Caprílico (C8:0)	–
Cáprico (C10:0)	–
Láurico (C12:0)	–
Mirístico (C14:0)	0,1
Palmítico (C16:0)	5,8-6,6
Palmitoléico (C16:1)	0,1
Esteárico (C18:0)	3,8-5,2
Oléico (C18:1)	16,0-23,8
Linoléico (C18:2)	64,6-71,5
Linolênico (C18:3)	0,1-0,4
Arquídico (C20:0)	0,2-0,4
Gadoléico (C20:1)	0,1-0,3
Behêmico (C22:0)	0,6-0,8
Erúcico (C22:1)	–
Lignocérico (C24:0)	0,1
Ácidos graxos saturados	11,6
Ácidos graxos monoinsaturados	23,1
Ácidos graxos polinsaturados	65,3

(\*) Canadá e E.U.A.

Fonte: Mandarin (1992).

oposto ao do carbono carboxílico (COOH). É transformado pelo organismo humano no ácido araquidônico, C20:4 e, desta transformação, resultam, além do ácido araquidônico, pequenas quantidades de outros ácidos graxos poliinsaturados semelhantes ao primeiro (Gurr, 1995).

Numerosos estudos científicos têm mostrado que o consumo de óleo de girassol favorece a redução dos níveis de colesterol plasmático total e, também, da fração LDL-colesterol (lipoproteínas de baixa densidade), popularmente conhecida como “mau colesterol”. Desse modo, o óleo de girassol contribui para a prevenção da aterosclerose e, conseqüentemente, reduz os riscos de doenças cardiovasculares, como infarto do miocárdio, acidentes vasculares cerebrais (AVC) e trombozes, dentre outras (Mensink, 1995).

Dentre as funções fisiológicas dos ácidos graxos essenciais, estão a combinação dos mesmos com os fosfolípidios, para assim, tornarem parte integrante da estrutura celular e, sobretudo, da estrutura de partículas subcelulares, como as mitocôndrias e os microsomos. É nas mitocôndrias, onde ocorre a respiração celular, que é produzida a energia necessária a todos os processos fisiológicos das células vivas.

Os ácidos graxos da dieta são absorvidos no intestino e rearranjados na forma de triglicerídeos. Como lípidios, que não são miscíveis com a água, para que possam ser transportados num meio predominantemente aquoso, como é o sangue, faz-se necessária a estabilização dos mesmos por camadas de fosfolípidios e proteínas. Essas partículas resultantes são as chamadas lipoproteínas (British Nutrition Foundation, 1992).

Os requisitos para que um ácido graxo tipo ômega 6 seja considerado essencial são: a primeira dupla ligação deve estar no sexto átomo de carbono, quando a contagem inicia-se pelo lado oposto ao radical carboxílico, e deve possuir pelo menos duas duplas ligações que, entre si, devem ter a posição de divinil metano (-CH=CH-CH<sub>2</sub>-CH=CH-) e sua configuração deve ser cis.

Os ácidos graxos  $\omega_6$ , derivados do ácido linoléico exercem importante papel fisiológico: participam das estruturas de membranas celulares, influenciam na viscosidade do sangue, na permeabilidade dos vasos sanguíneos, na ação anti-agregadora, na pressão arterial, nas reações anti-inflamatórias e nas funções plaquetárias (Norum, 1992).

Os ácidos graxos dos tipos  $\omega_3$  e  $\omega_6$  possuem efeitos hipocolesterolêmicos e reduzem os níveis sanguíneos do LDL-colesterol. Suas ações ocorrem por meio da modificação na composição das membranas celulares e das lipoproteínas, além de induzirem o aumento das excreções biliar e fecal do

colesterol. Também reduzem a síntese das VLDL (lipoproteínas de densidade muito baixa) no fígado (British Nutrition Foundation, 1992). Além desses efeitos, os ácidos graxos  $\omega 3$  e  $\omega 6$  são os precursores de um conjunto de substâncias com atividades fisiológicas e farmacológicas denominadas eicosanóides, que são as tromboxanas, as prostaglandinas e os leucotrienos. As tromboxanas são sintetizadas pelas plaquetas, possuem ação vasoconstritora e aumentam as taxas de coagulação do sangue e a pressão arterial. São, portanto, as precursoras dos trombos. Dentre as prostaglandinas, as mais importantes nas doenças cardiovasculares são as prostaciclina, produzidas nas paredes dos vasos sanguíneos. Possuem um efeito de anti-agregação plaquetária e de redução da pressão arterial. Os leucotrienos atuam na constrição da musculatura brônquial (Knapp, 1989; Norum, 1992; Pollonio, 1997). O equilíbrio entre a produção de prostaglandinas e tromboxanas reduz os riscos do aparecimento de doenças cardiovasculares (Angelis & Ctenas, 1994).

O ácido araquidônico, considerado verdadeiramente essencial ao organismo humano, é sintetizado a partir do ácido linoléico. O ácido araquidônico agregado aos fosfolipídios (lecitinas, cefalinas, esfingomielinas e cerebrosídeos) é componente integrante da estrutura celular e de partículas subcelulares, como mitocôndrias e microsomas. Também, fazem parte da estrutura do cérebro e do tecido nervoso, participando na formação da bainha de mielina das terminações nervosas e, conseqüentemente, de sua recomposição nos casos de esclerose múltipla (Bender, 1982).

A necessidade diária mínima de ácido linoléico, proveniente da dieta, é de 2,5 a 2,8 gramas. A deficiência de ácidos graxos essenciais pode causar condições anormais na pele, como: dermatite, ressecamento, escamações; redução na regeneração dos tecidos; aumento na susceptibilidade à infecções; redução na síntese de ácidos poliênicos e, conseqüentemente, das prostaglandinas; aumento nos níveis do colesterol sanguíneo; dentre outros efeitos adversos à saúde humana (Bender, 1982).

Os tocoferóis (vitamina E) e os compostos fenólicos contidos no óleo de girassol estão ligados à estabilidade do óleo. Quanto à redução dos riscos de doenças crônicas e degenerativas, os tocoferóis têm sido considerados como agentes anticancerígenos, devido, principalmente, à ação antioxidante (Moretti, 1999). O óleo de girassol, obtido por prensagem mecânica a frio, é considerado uma boa fonte de vitamina E (58 mg/100g de óleo) e de polifenóis (Tabela 2).

Os fitosteróis, compostos pertencentes à classe dos esteróis, têm sido considerados eficazes na redução dos níveis de colesterol sanguíneo no orga-

**Tabela 2.** Composição química percentual do óleo de girassol, extraído por prensagem mecânica a frio.

Compostos lipídicos	Teor percentual (g/100g)
Colesterol	0,0
Ácido Palmítico	6,7
Ácido Esteárico	4,0
Ácido Oléico	21,1
Ácido Linoléico	68,1
Ácido $\alpha$ Linolênico	0,1
Ácidos graxos saturados	10,7
Ácidos graxos Monoinsaturados	21,1
Ácidos graxos Poliinsaturados	68,2
Vitamina E	0,058

Fonte: Turatti (2002).

nismo. Apesar de possuírem estrutura química muito semelhante à do colesterol, têm uma absorção bastante reduzida pelo organismo humano, entre 5 e 10%. A absorção do colesterol atinge cerca de 50%. Devido a esta semelhança de estrutura química, os fitosteróis e o colesterol competem pelos mesmos receptores de absorção, resultando, assim, numa redução nos níveis de colesterol total no sangue e, também, na diminuição nos níveis do LDL-colesterol. Os níveis do HDL-colesterol não são alterados (Moretti, 1999).

Os esteróis vegetais não esterificados, entretanto, tem uma baixa solubilidade em óleos e gorduras, o que dificulta a incorporação dos mesmos na formulação de alimentos gordurosos, como margarinas e cremes vegetais, dentre outros. Estudos recentes mostram que o sitostanol, a forma saturada do  $\beta$ -sitosterol, é o mais eficiente na redução do colesterol, além de não ser absorvido pelo organismo humano. A dificuldade de solubilidade do sitostanol foi superada pela sua esterificação com ácidos graxos. Isso possibilitou sua incorporação, em altos níveis, em produtos oleosos (Esteves, 2000). Os fitosteróis são considerados compostos seguros e podem ser incorporados aos alimentos. Atualmente, já existem na literatura mais de 2.000 trabalhos científicos sobre o assunto.

Vários produtos à base de fitosteróis estão presentes no mercado, como a BENEOL, uma margarina produzida na Finlândia, do grupo Raisio e, atualmente, presente também no mercado norte americano. Esta marga-

rina contem cerca de 10% de ésteres de sitostanol, sobre o total de matéria graxa (80%). Pesquisas realizadas com a BENEOL, na Finlândia, mostraram que a ingestão diária de 1,8 a 2,6 g de ésteres de sitostanol (25 a 30 g da margarina) reduziu, após 4 semanas de uso, os níveis de colesterol total e LDL-colesterol em 10 e 14%, respectivamente. Outro produto enriquecido com ésteres de sitostanol é a margarina TAKE CONTROL, que é produzido nos Estados Unidos pelo grupo Unilever. Em 1999, os ésteres de sitostanol foram reconhecidos como GRAS (“generally recognized as safe”) e as margarinas BENEOL E TAKE CONTROL tiveram seus registros aprovados pelo FDA. No Brasil, já existe no mercado a margarina BECEL PRÓ ACTIVE, do Grupo Unilever, à base de óleo de girassol e enriquecida com fitosteróis (Esteves, 2000).

Outros componentes dos óleos vegetais têm sido identificados como possuindo ação anticancerígena. A vitamina A e seus compostos correlatos, como os carotenóides e, ainda, outros elementos presentes em concentrações muito baixas (traços), como o mineral selênio e os tocotrienóis, presentes em altas concentrações, fazem parte deste grupo (Moretti, 1999).

## Referências

ANGELIS, R.C.; CTENAS, M.L.B. **Cuidados nutricionais cardiovasculares**. Boletim Sadra de Cuidados Nutricionais Cardiovasculares, 1994. 18 p.

BENDER, A.E. **Dicionário de nutrição e tecnologia de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Roca, 1982. 212p.

BRITISH NUTRITION FOUNDATION. **Unsaturated fatty acids: nutritional and physiological significance**: the report of the British Nutrition Foundation’s Task Force. London: Chapman & Hall, 1994. 211p.

CONAB. **Quinto levantamento: safra 2003/2004**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 14 jul. 2004 .

ESTEVES, W. Aula sobre fitosteróis. In: SEMANA DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS, 2000. Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2000.

GURR, M.I. **Role of fats in food and nutrition**. 2. ed. London: Elsevier, 1995. 207p.

KNAPP, H. Omega 3 fatty acids. **Symposium**, v.47, n.10, p.301-313, 1989.

MANDARINO, J.M.G. **Aspectos bioquímicos da qualidade do óleo e do farelo de girassol**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1992. 25p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 52).

MENSINK, R.P. Effects of fats and oils on risk factors for coronary heart disease. In: CONGRESO Y EXPOSICIÓN LATINOAMERICANOS SOBRE PROCESAMIENTO DE GRASAS Y ACEITES, 6., Campinas, 1995. **Memórias...** Campinas: Sociedade Brasileira de Óleos e Gorduras, 1995. p. 95-98.

MORETTI, R.B. Alimentos funcionais: Uma panacéia mundial. In: SEMINÁRIO SOBRE ÓLEOS E GORDURAS: TENDÊNCIAS E INOVAÇÕES, Campinas, 1999. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Óleos e Gorduras, 1999. p.73-84.

NORUM, K.R. Dietary fat and blood lipids. **Nutrition Reviews**, v.50, p.430-37, 1992.

POLLONIO, M.R. Ácidos graxos trans em gorduras hidrogenadas: implicações nutricionais e tecnológicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HIGIENISTAS DE ALIMENTOS, 1997, Olinda. [s.n.t.].

TURATTI, J.M. **Extração de óleos vegetais utilizando-se enzimas no pré-tratamento**. 2000. 92 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.



# 4

## PRODUTOS PROTÉICOS DO GIRASSOL

Mercedes Concórdia Carrão-Panizzi  
José Marcos Gontijo Mandarino

### Introdução

O girassol é uma planta originária das Américas, que foi utilizada como alimento, pelos índios americanos, em mistura com outros vegetais. No século XVI, o girassol foi levado para a Europa e Ásia, onde era utilizado como uma planta ornamental e como uma hortaliça.

Nos primeiros trabalhos de melhoramento, o enfoque era dado à seleção de plantas com sementes e capítulos grandes. Foi na antiga União Soviética que o melhoramento de girassol para produzir genótipos com altos teores de óleo teve início. Desde então, com o crescimento do consumo de óleo comestível, a produção mundial de girassol tem evoluído, sendo liderada pelos países da antiga União Soviética, Argentina, Estados Unidos, países do leste europeu e China. O girassol ocupa o quarto lugar como fonte de óleo comestível, depois da soja, palma e canola (Estados Unidos, 2005). Na distribuição da produção mundial de óleos comestíveis, o girassol contribui com 8,3%, a soja com 30,1%, a palma com 29,9% e a canola com 14,2% (Estados Unidos, 2005). Como fonte protéica, o girassol também é classificado como a quarta opção, para ração animal e uso humano. Várias pesquisas sobre a utilização e o processamento da proteína de girassol vêm sendo desenvolvidas e países como os Estados Unidos, França, Itália e Canadá já possuem indústrias produzindo farinhas, concentrados e isolados protéicos.

### A semente

### Características gerais

O fruto do girassol, também chamado aquênio, é constituído pelo pericarpo

(casca) e pela semente. A casca é formada por três camadas: externa, média e interna. A semente é constituída pelo tegumento, endosperma e embrião. De modo geral, o fruto ou aquênio é conhecido vulgarmente como semente.

De acordo com sua utilização, há dois tipos de sementes de girassol: as oleosas e as não oleosas. As sementes não oleosas são maiores, rajadas e apresentam casca mais fibrosa (40-45% do peso da semente), facilmente removível. Também chamadas de “confectionery varieties”, as sementes não oleosas têm 25-30% de óleo e representam somente 5% dos genótipos de girassol. Para a comercialização as sementes não oleosas são torradas, embaladas e utilizadas para o consumo humano como amêndoas, misturas de granolas, bolos e “snacks”, ou como ração para pássaros.

As sementes oleosas são menores, pretas e suas cascas são bem aderidas, representando 20% a 30% do peso da semente. As sementes oleosas são economicamente mais importantes e, a partir delas, são produzidos o farelo de girassol e seus derivados, após a extração do óleo.

### **Composição química das sementes de girassol**

A composição química das sementes de qualquer genótipo de girassol varia amplamente com o local de produção, clima, fertilizantes e até mesmo com a posição da semente no capítulo. Nas Tabelas 1 e 2, são apresentadas as composições centesimal e mineral médias do caroço da semente de girassol. Quanto ao teor de vitaminas, o caroço apresenta: vitamina A (50 UI), tiamina (1,96mg/100g), riboflavina (0,23mg/100g) e niacina (5,4 mg/100g). A energia contida no caroço é da ordem de 560 Kcal/100g e, dos carboidratos totais, 3,8 g/100g são representados pela fibra bruta.

**Tabela 1.** Composição centesimal média de sementes de girassol em base seca.

Componente	Teor porcentual médio (%)
Água	4,8
Proteína	24,0
Óleo	47,3
Carboidratos totais	19,9
Resíduo mineral (cinzas)	4,0

Fonte: Watt & Merrill (1979).

**Tabela 2.** Composição mineral média (mg/100g) de sementes de girassol em base seca.

Mineral	Teor em mg/100g
Cálcio	120,0
Fósforo	837,0
Ferro	7,1
Sódio	30,0
Potássio	920,0

Fonte: Watt & Merrill (1975).

A composição do farelo de girassol é muito dependente da quantidade de casca que é removida e do processo utilizado para a extração do óleo. Quando as cascas não são removidas, a torta contém grande quantidade de fibra, o que deprecia a qualidade do produto. Na Tabela 3, é apresentada a composição centesimal do farelo de algumas oleaginosas, obtido após a extração do óleo com solvente orgânico.

**Tabela 3.** Composição centesimal (%) média aproximada do farelo de algumas oleaginosas, obtido após a extração do óleo com solvente orgânico.

Oleaginosas	Proteína	Fibra bruta	N-Livre	Cinzas	Lipídios
Girassol	50,3	11,6	26,7	8,3	3,1
Algodão	46,0	12,5	34,9	6,8	2,3
Amendoim	51,8	14,3	27,7	4,9	1,3
Soja	52,4	5,9	33,8	6,6	1,3

Fonte: Atlas (1971).

### Proteínas do girassol

#### Aminoácidos

As proteínas de girassol têm um bom perfil de aminoácidos essenciais. Entretanto, os níveis de lisina são muito baixos para que o girassol possa servir como um suplemento protéico às proteínas dos cereais, os quais também apresentam baixo teor de lisina. A complementação com a soja é o ideal. Na Tabela 4, são apresentados os teores dos aminoácidos essenciais do girassol e de outras oleaginosas.

**Tabela 4.** Composição em termos de aminoácidos essenciais dos farelos de girassol, de outras oleaginosas e do padrão FAO. (expressa em g/16 g N).

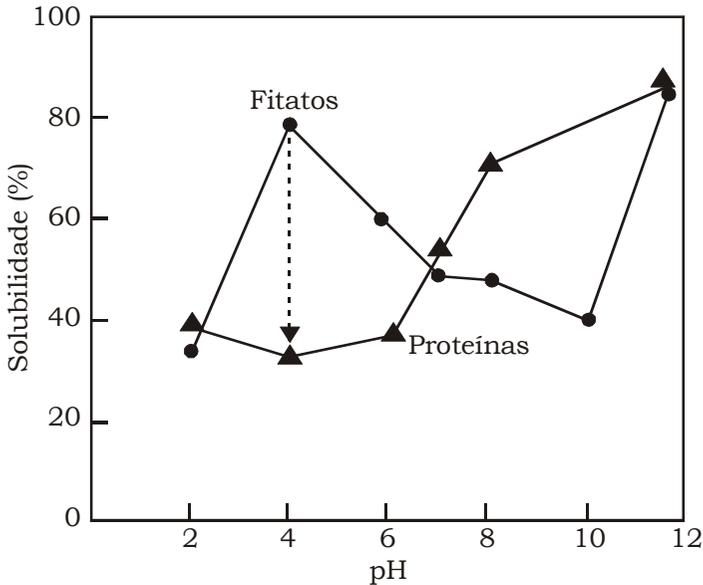
Aminoácidos essenciais	Padrão FAO (ovo)	Farelo das oleaginosas				
		Girassol	Soja	Amendoim	Açafrão	Canola
Isoleucina	6,3	4,3	4,5	3,4	4,0	4,0
Leucina	8,8	6,4	7,8	6,4	6,2	6,8
Lisina	7,0	3,6	6,4	3,5	3,1	5,7
Metionina	3,4	1,9	1,3	1,1	1,7	2,1
Fenilalanina	5,7	4,4	4,9	5,0	4,4	4,0
Treonina	5,1	3,7	3,8	2,6	3,3	4,4
Triptofano	1,7	1,4	1,3	1,0	1,6	-
Valina	6,8	5,1	5,0	4,2	5,7	5,2

Fonte: Mandarin (1992).

#### Caracterização química das proteínas do girassol

As proteínas da semente de girassol são caracterizadas por um nível moderado de albuminas (17-23%) e um alto nível de globulinas (55-60%). Apresentam ainda, glutelinas (11-17%) e prolaminas (1-4%). O nitrogênio não protéico e os resíduos insolúveis representam menos de 11% do N total do farelo. Tem sido observado que a composição aminoacídica das albuminas e globulinas são diferentes (Mossé & Baudet, 1972). As globulinas apresentam menores teores de metionina, cistina e lisina do que as albuminas. O aumento da razão albumina/globulina pode ser conseguido geneticamente e melhora, consideravelmente, a qualidade da proteína do girassol.

A presença de fitatos, que são comuns em sementes de oleaginosas, causa diminuição na solubilidade das proteínas, devido à formação do complexo fitato-proteína-minerais, interferindo também na absorção de cálcio, ferro e zinco. Choi & Rhee (1981) observaram que a farinha de girassol desengordurada continha mais fitatos (3,25%) do que a farinha de soja (1,11%), algodão (2,61%) e amendoim (1,63%). A relação entre a solubilidade dos fitatos e das proteínas da farinha desengordurada de girassol, em função do pH, é apresentada na Fig.1. No pH 4,0, ocorrem as diferenças máximas de solubilidade entre as duas frações, tornando possível sua separação.



**Fig. 1.** Efeito do pH sobre a solubilidade da proteína e dos fitatos presentes na farinha de girassol desengordurada

Fonte: Choi & Rhee (1981)

Rhama & Rao (1979) definiram a composição das diferentes frações protéicas do girassol de acordo com seus coeficientes de sedimentação como fração 11S (70%), fração 7S (10%) e 2S (20%). O farelo protéico, livre de ácido clorogênico, possui ainda a fração protéica a 16S.

### **Carboidratos, Minerais e Vitaminas**

Cegla & Bell (1977), quantificaram os carboidratos da farinha de girassol desengordurada, os quais perfaziam um total de 8,3% (base seca). Dentre os carboidratos presentes nesta farinha, destacam-se a glicose (0,6%), rafinose (3,22%), sacarose (2,29%) e trealose (0,79%).

O farelo de girassol é uma boa fonte de cálcio e fósforo. É, também, uma excelente fonte das vitaminas do complexo B (ácido nicotínico, tiamina, ácido pantotênico, riboflavina e biotina). A concentração de ácido nicotínico no girassol é 170% maior do que no amendoim, que é uma das maiores fontes desta vitamina.

## **Fatores antinutricionais**

A arginase e o inibidor de tripsina foram identificados em sementes de girassol. Estes componentes, entretanto, são termolábeis, sendo facilmente inativados através de processos térmicos. Convém salientar que o inibidor de tripsina, presente no girassol, apresenta uma atividade inibitória extremamente baixa (Roy & Bhat, 1974).

## **Compostos fenólicos**

Segundo Mandarino (1992), os farelos das oleaginosas, quase sem exceção, contêm compostos que são tóxicos ou indesejáveis, como, por exemplo, as aflatoxinas no amendoim, o gossipol no algodão, os glicosinolatos na colza e o ácido clorogênico no girassol. O ácido clorogênico é um dos compostos fenólicos mais amplamente distribuídos nos vegetais. Foi identificado por Gorter, em 1909, como sendo o principal composto fenólico presente nas sementes de girassol. O ácido clorogênico constitui mais de 70% do total dos vários compostos fenólicos presentes no farelo de girassol. Elevadas temperaturas, durante o desenvolvimento e maturação das sementes, favorecem a deposição de ácido clorogênico nos grãos. Embora não seja considerado um composto tóxico, é responsável pela formação de uma coloração amarelo-esverdeada, em meio alcalino, seguida de escurecimento oxidativo, durante os processos de produção dos isolados e concentrados protéicos de girassol, a partir do farelo desengordurado. Esta coloração aparece em função de reações enzimáticas, mediadas por enzimas denominadas polifenoloxidasas, cujo substrato é o ácido clorogênico. O ácido clorogênico produz, também, o aparecimento de coloração esverdeada nas cascas dos ovos, produzidos por galinhas alimentadas com rações formuladas com altas proporções de farelo de girassol. Delic et al. (1975), observaram que animais alimentados com dietas contendo 2% de ácido clorogênico, diminuíam o consumo de alimento em 33% e o ganho de peso em 66%.

Com o aumento da produção mundial de girassol e, conseqüentemente, da utilização do farelo para alimentação animal e produção de isolados e concentrados protéicos para o consumo humano, vários métodos e processos tecnológicos têm sido propostos para eliminar ou extrair o ácido clorogênico do farelo. Dentre esses, pode-se citar a utilização de antioxidantes e outros compostos que inibam a reação enzimática, além de processos como a difusão em água antes da solubilização das protei-

nas. Esses métodos promovem uma extração incompleta e perda de proteína, além de utilizarem reagentes de custo elevado. A solução mais satisfatória para a redução do ácido clorogênico, é o estabelecimento de um programa de melhoramento genético para obtenção de cultivares com teor reduzido deste composto. No germoplasma de girassol verificou-se uma variabilidade de 14 a 40g/kg ácido clorogênico (Darrel, 1978).

## **Processamento do girassol para utilização de suas proteínas na produção de ingredientes protéicos**

As sementes de girassol são secas até um máximo de 10 a 12% de umidade, armazenadas, limpas, descascadas, condicionadas (peletizadas) e prensadas para extração de 15 a 17 % de óleo. Esta massa é então moída e o restante do óleo é extraído com solvente orgânico. A torta resultante é dessolventizada, torrada, resfriada e armazenada. Os óleos brutos, provenientes da pré-prensagem e da extração com solvente, são combinados e enviados para refinação. As plantas industriais modernas para extração de óleo não utilizam mais a etapa de pré-prensagem

A qualidade nutricional da torta de girassol (energia, conteúdo de fibras e qualidade de proteínas) é afetada pelas operações específicas de processamento. Ocorrem variações na energia metabolizável causadas, principalmente, pelo óleo residual e pela quantidade de cascas que permanecem no farelo. O conteúdo de fibras é o componente mais variável na torta de girassol; sendo importante de um bom processo de descascamento. A maioria dos processos de descascamento apresenta uma eficiência máxima de 90%.

## **Produtos protéicos do girassol**

A proteína de girassol, para uso alimentar, é encontrada nas formas de farinha, concentrado e isolado protéico. O conteúdo de proteínas, em base seca da farinha é 63 %, do concentrado 75 % e do isolado 90 %, (Tabela 5). O processo de produção dos produtos protéicos de girassol está descrito sob a forma de fluxograma na Fig. 2.

A obtenção de cultivares de girassol do tipo “oleoso”, com cascas de fácil remoção e o desenvolvimento de processos de descascamento mais efetivos, é essencial para melhorar a competitividade dos ingredientes alimentares provenientes da proteína de girassol, no mercado.

**Tabela 5.** Análise aproximada dos produtos de girassol (% em base seca).

Produto	Óleo	Proteína (N % 6,25)	Fibra bruta	Cinzas
Semente não oleosa	33,0	19,7	25,1	–
Semente oleosa	43,5	23,4	17,8	4,0
Grãos	52,7	27,2	10,6	4,2
Farinha desengordurada	0,9	63,1	3,9	9,0
Concentrado protéico	0,7	75,8	6,2	2,2
Isolado protéico	–	90,0	–	0,4

Fonte: Lusas (1985).

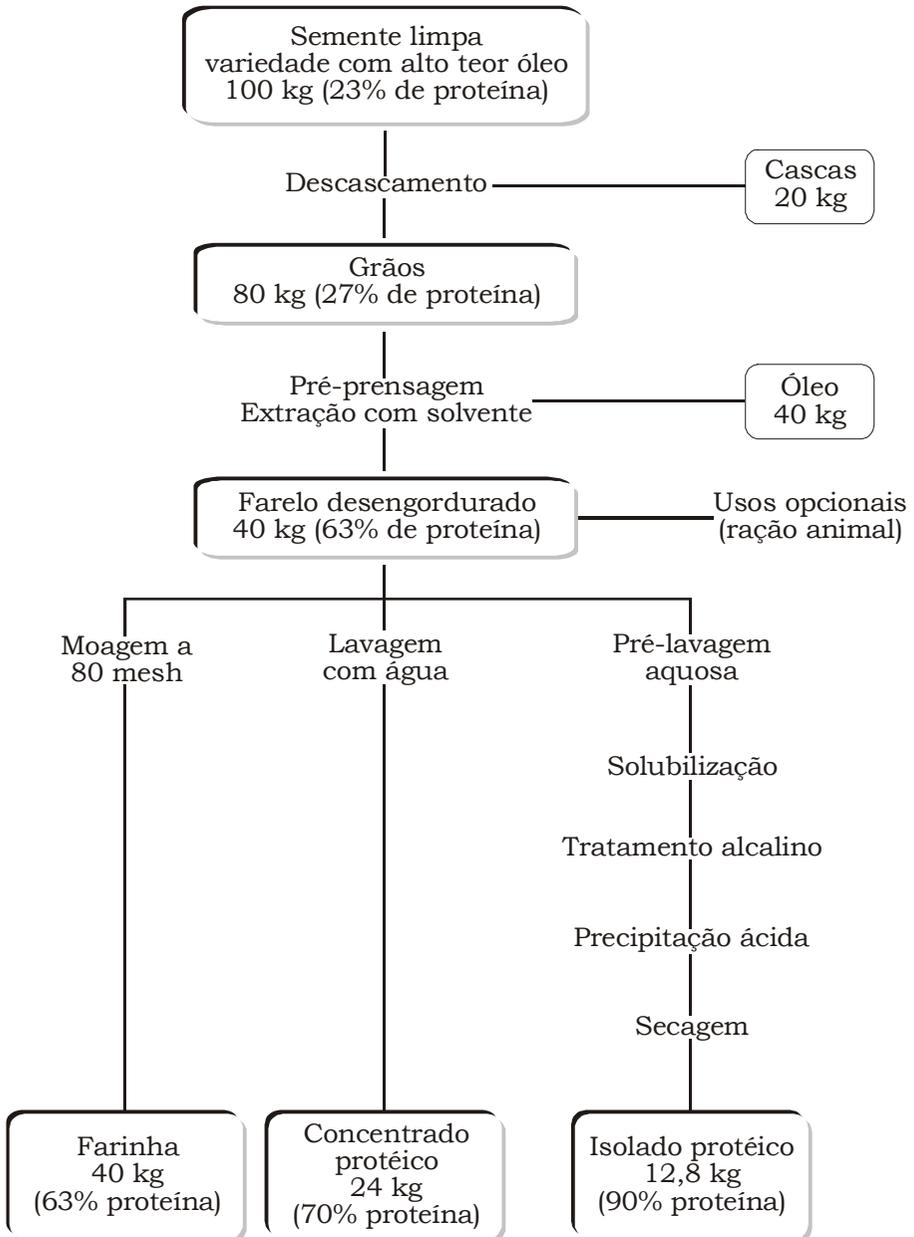
## Farinhas

Existem dois processos para a produção de farinhas de girassol. No primeiro, há uma pré-prensagem (com variações de pressão) dos grãos, seguida de uma extração da fração oleosa com solvente orgânico. No segundo, procede-se a extração direta do óleo com solvente orgânico. Em ambos os processos, são necessários um tratamento térmico prévio dos grãos com calor seco. As temperaturas empregadas neste pré-tratamento devem ser bem adequadas para não diminuir o valor nutricional das proteínas. Temperaturas superiores a 100°C reduzem os teores dos aminoácidos lisina, triptofano e arginina.

As farinhas desengorduradas, provenientes de sementes do tipo oleoso, apresentam teores de ácido clorogênico de 2,8% a 3,0%. Naquelas obtidas a partir de sementes não oleosas, estes teores variam 3,4% a 3,9% (Wan et al., 1979).

Burns et al. (1972) verificaram que a suplementação da farinha de trigo com 3% de farinha de girassol produziu pão com volume satisfatório e sabor agradável. Entretanto, formulações contendo 17% e 30% de farinha de girassol produziram pães com estrutura compacta e pesada. D'Appolonia & MacArthur (1979) observaram que a farinha de girassol apresentou menor efeito adverso sobre as características do pão, quando os grãos foram previamente torrados antes de serem triturados e desengordurados para obtenção da farinha.

Em testes biológicos, o coeficiente de eficiência protéica (PER) dos pães suplementados com girassol foi de 1,27, apresentando, assim, um valor



**FIG. 2.** Diagrama do fluxo de preparo dos produtos protéicos de girassol.  
Fonte: Lusas (1985).

superior quando comparado com 1,09 do pão de trigo, usado como padrão (Fleming & Sosulski, 1977). Os pães suplementados com farinha de soja apresentaram alto teor de lisina e valores de PER de 1,7 a 1,8. Estes resultados indicaram que proteínas do girassol são suplementos pobres para proteínas do trigo e de outros cereais.

Sosulski & Mahmoud (1979) verificaram, por meio de análise sensorial, a seguinte ordem de preferência quanto ao sabor: trigo > girassol > soja. Pelas características sensoriais, os produtos de panificação suplementados com farinha de girassol foram bem aceitos. Entretanto, as características nutricionais indicam a necessidade de suplementação com altos níveis de lisina.

### **Concentrado protéico**

O procedimento convencional, para obtenção de concentrados protéicos, consiste na lavagem da farinha desengordurada com soluções ácidas e alcólicas, seguida de secagem em “spray-dryer”. A temperatura do ar no interior da torre de secagem do “spray-dryer” não pode exceder a 180°C e a temperatura do produto não pode ser superior a 80°C. Por meio deste processo, obtêm-se produtos com sabor e coloração agradáveis e reduzido teor dos açúcares que produzem flatulência. O conteúdo de proteínas em média é de 70%.

Dentre os vários processos desenvolvidos para obtenção de concentrados protéicos, aquele que utiliza a solução alcóolica mostrou-se mais eficiente na remoção do ácido clorogênico da farinha e o concentrado obtido apresentou teor protéico de 78% (Fan et al., 1976).

Outro processo para a produção do concentrado protéico de girassol é aquele onde são realizadas sucessivas extrações com água fervente (1 parte de farinha para 25 partes de água), seguidas por um ajuste do pH para 5,0. Este processo também mostrou-se efetivo na redução do ácido clorogênico (de 2,4% para 0,12%). A disponibilidade de lisina foi reduzida em somente 3% do teor existente na matéria-prima (Lanzani et al., 1978).

### **Isolado protéico**

A obtenção do isolado protéico de girassol, pelo processo convencional de precipitação alcali-ácido, origina um produto de coloração verde-escura. No início da década de 80, foi desenvolvido um processo para produção da “proteína branca”, a partir da farinha desengordurada, onde a extração

com alcali foi seguida de uma precipitação ácida, realizada a vácuo. O teor total de aminoácidos do produto foi 11% superior àquele encontrado no produto verde, obtido pelo processo convencional. A disponibilidade de lisina, no isolado branco, foi superior à do isolado protéico convencional.

### **Extrato solúvel de girassol (“leite” de girassol)**

Apesar da baixa solubilidade de nitrogênio, o concentrado protéico de girassol apresenta sabor brando e cor clara, características desejáveis num produto a ser utilizado na produção de sucedâneos de bebidas lácteas. Fleming & Sosulski (1977) desenvolveram um processo para produzir extrato a partir da farinha de girassol. O processo incluiu o aquecimento a 80°C da massa de girassol, formada por farinha e água, sob agitação mecânica. A emulsificação com goma carragena (0,2 %) permitiu a solubilização de cerca de 80% das proteínas, em pH igual a 7,2. O sabor do produto foi considerado superior ao do leite de soja.

### **Valor nutricional dos produtos protéicos do girassol**

O processo para obtenção do isolado protéico é efetivo na eliminação das fibras. Entretanto, alguns fitatos permanecem, a menos que sejam realizadas extrações específicas para solubilizar este complexo mineral. Comparadas com a maioria das fontes vegetais, as proteínas do girassol possuem baixos teores de lisina. Entretanto, os aminoácidos sulfurados (metionina e cistina) estão presentes em concentrações adequadas. A qualidade protéica da farinha de girassol parece ser melhor do que a do concentrado e a do isolado protéico. Sodini & Canella (1977) encontraram níveis de lisina da ordem de 3,5 na farinha, 3,0 no concentrado e 2,9 no isolado, valores estes expressos em g/16 g N.

O coeficiente de eficiência protéica - PER (relação ganho de peso/quantidade de proteína consumida), da farinha de girassol é significativamente mais baixo do que o da farinha de soja. As diferenças observadas entre o PER da farinha e do concentrado protéico de girassol são devidas ao menor consumo do concentrado pelos animais do que devido as diferenças na composição aminoacídica destes produtos (Tabela 6).

Observando-se a composição aminoacídica dos derivados de girassol (farinha, concentrado e isolado protéico), pode-se concluir que constituem excelentes fontes para a suplementação de produtos obtidos a partir de

**Tabela 6.** Efeito de diferentes fontes protéicas no consumo, ganho de peso e coeficiente de utilização da proteína de animais experimentais.

Fonte protéica	Consumo ração (g/ratos)	Ganho de peso (g/ratos)	PER
Caseína	276	77,0	2,50
Farinha de soja	260	56,3	1,81
Farinha de girassol	269	44,9	1,38
Concentrado protéico girassol	222	46,5	1,72

Fonte: Sosulski (1984).

leguminosas, bem como de produtos de origem animal. Entretanto, não fornecem uma boa combinação nutricional com os cereais, devido à sua limitação em lisina.

## Propriedades funcionais das proteínas do girassol

As proteínas alimentares são utilizadas como ingredientes de acordo com suas funções no alimento ou na dieta tais como: sabor, cor, textura e valor nutricional.

Como já foi dito anteriormente, os produtos protéicos de girassol requerem a remoção do ácido clorogênico, para que apresentem cor clara e, assim, possam ser utilizados na formulação e suplementação de outros alimentos. A eliminação ou redução deste fator indesejável é essencial à qualidade dos produtos protéicos de girassol.

## Solubilidade

Dentre as propriedades funcionais das proteínas, a solubilidade indica sua interação com outros ingredientes dos alimentos e é, freqüentemente, realizada por meio da determinação do teor de nitrogênio extraído. As proteínas do girassol apresentam menor solubilidade em água do que as proteínas da soja nos pHs entre 2,0 e 6,0 e, ao contrário das proteínas do amendoim e da soja, as proteínas do girassol são altamente solúveis em soluções de cloreto de sódio e cloreto de cálcio. Como estes sais são constituintes comuns em muitos alimentos, as proteínas do girassol têm aplicação na formulação de produtos análogos à carne e ao leite.

## **Absorção de água e gordura**

Kilara et al. (1972) observaram que grãos de girassol descascados e macerados em água a 50°C por uma hora, absorveram uma quantidade de água igual a 40% de seu peso, enquanto grãos de soja descascados absorveram 60%.

Os produtos protéicos de girassol como farinhas, concentrados e isolados, têm menor capacidade de absorver água do que os produtos protéicos da soja. Entretanto, a absorção de óleo e a capacidade emulsificante das proteínas do girassol são superiores às da soja. A capacidade de emulsificação ótima das proteínas do girassol ocorre no pH próximo de 7,0.

## **Espumabilidade**

Os produtos protéicos do girassol apresentam melhor capacidade para formar e estabilizar espumas do que os produtos da soja. A adição de cloreto de sódio melhora a capacidade espumante, mas reduz a estabilidade, enquanto a adição de açúcar melhora a estabilidade das espumas, mas diminui a capacidade espumante.

## **Alterações químicas das proteínas do girassol e sua funcionalidade**

A utilização de produtos protéicos na formulação de alimentos depende das propriedades funcionais destes produtos.

O tratamento mais brando das proteínas do girassol com ácido, melhora suas propriedades de solubilidade, espumabilidade e emulsificação, devido à desaminação das proteínas, que causa aumento da repulsão eletrostática (aumento da carga negativa). Entretanto, se este tratamento ácido brando não for devidamente controlado, pode haver a quebra das ligações peptídicas nas moléculas protéicas, alterando suas propriedades funcionais.

Claughton & Pearce (1985) estudando as condições necessárias para modificações do isolado protéico de girassol, por meio de tratamento ácido e suas conseqüências sobre suas propriedades de solubilidade e espumabilidade, numa fórmula para lactentes, verificaram que o tratamento brando com ácido induziu à desaminação e à hidrólise das ligações peptídicas, causando mudanças nas propriedades funcionais das proteínas do isolado.

O tratamento com ácido alterou o ponto isoelétrico das proteínas para um pH mais ácido. Isto causou o aumento da solubilidade na faixa do pH neutro e, nestas condições, 10% dos grupos amina dos aminoácidos, do isolado protéico, haviam sido removidos. A diminuição do ponto isoelétrico das proteínas foi devido à remoção dos grupos amina de aminoácidos neutros (asparagina e glutamina) transformando-os nos seus correspondentes carregados negativamente (ácido aspártico e ácido glutâmico). O aumento na solubilidade das proteínas é consequência, também, da desaminação, pois, com sua ocorrência, há um aumento na repulsão eletrostática entre as moléculas protéicas. A proteólise (rompimento das ligações peptídicas) observada no isolado protéico de girassol, submetido a um tratamento brando com ácido contribuiu para a melhoria na solubilidade deste produto protéico.

Quanto à espumabilidade, o isolado protéico de girassol, modificado pelo tratamento brando com ácido, apresentou uma melhora desta propriedade, devido ao aumento na solubilidade. A espuma obtida, entretanto, não apresenta boa estabilidade devido à hidrólise excessiva das ligações peptídicas.

Para formar espumas, as proteínas devem ser solúveis na fase aquosa da mistura. Devem concentrar-se na interfase e desenovelar-se, formando camadas coesivas em torno das gotículas do ar, incorporado à mistura, através do batimento mecânico da mesma. Além disso, devem possuir viscosidade e força mecânica suficientes para prevenir a coalescência e ruptura das bolhas de ar formadas.

O desenvolvimento de formulações, utilizando produtos protéicos de girassol, em substituição ao leite de vaca, para lactentes com problema de intolerância à lactose, pode ser viável, pois estes apesar de possuírem baixos teores de lisina, não apresentam fatores antinutricionais, como é o caso da soja.

O sucesso na utilização do isolado protéico de girassol, como fonte de proteínas, em formulações de alimentos infantis, depende da sua solubilidade em pH neutro, da sua baixa viscosidade e de sua cor que deve ser branca ou clara. O tratamento brando, com ácido, permite a obtenção destas características. Entretanto, a cor das formulações contendo produtos protéicos de girassol é mais escura (cinza ou bege), quando comparada com as formulações que contêm proteína de soja. Isso evidencia a importância da remoção dos compostos fenólicos, principalmente o ácido clorogênico, que promove a formação da cor indesejável nos produtos protéicos de girassol.

Durante o processamento, as células constituintes dos tecidos das sementes de girassol podem sofrer rupturas liberando, assim, a enzima polifenoloxidase, que cataliza a reação de oxidação dos polifenóis formando as o-quinonas (Pierpoint, 1969). As o-quinonas, por sua vez, são altamente reativas e podem ligar-se covalentemente aos grupos amina das proteínas, formando os complexos quinona-proteínas. Esta interação reduz o valor nutricional das proteínas do girassol, uma vez que o organismo humano não é capaz de metabolizar esse complexo (Loomis, 1974; Synge, 1975). Com a formação desses complexos, a lisina, que é o aminoácido limitante nas proteínas do girassol, tem sua disponibilidade ainda mais reduzida, o que contribui para a diminuição do valor nutricional dos produtos protéicos de girassol. Os compostos fenólicos também podem interagir com as proteínas através de ligações iônicas, pontes de hidrogênio e interações hidrofóbicas. Vários processos vêm sendo estudados para remover esses compostos de maneira eficiente, mantendo o valor nutricional sem diminuir a solubilidade das proteínas e a disponibilidade de lisina. Na Tabela 7, são apresentados os efeitos de diferentes tempos de autoclavagem sobre os compostos fenólicos, a disponibilidade de lisina e a solubilidade de nitrogênio.

**Tabela 7.** Efeito da autoclavagem a 1 kg/cm<sup>2</sup> (120°C), sobre os teores de compostos fenólicos, disponibilidade de lisina e solubilidade de nitrogênio.

Tempo de autoclavagem	Compostos fenólicos (%)	Lisina disponível (g/16 g N)	Solubilidade nitrogênio (%)
–	2,45	3,12	96,9
5 min	1,93	2,91	67,9
15 min	1,72	2,83	44,7
30 min	1,34	2,52	32,6
45 min	1,00	2,33	31,6
60 min	0,82	2,08	5,7

Fonte: Sastry & Subramanian (1985).

## Considerações finais

As proteínas de girassol possuem potencial de utilização, como fonte protéica, necessitando de processamentos adequados.

A produção de grãos e sementes com qualidade mais adequadas, para a obtenção de produtos protéicos, é imprescindível. Isto pode ser conseguido por meio de programas de melhoramento genético que visem a obtenção de genótipos com cascas de fácil remoção e baixo teor de ácido clorogênico, fatores esses que podem aumentar as alternativas para a utilização das proteínas do girassol.

O teor reduzido de lisina diminui a qualidade das proteínas do girassol. Entretanto, quando combinado com as leguminosas, o girassol pode ser uma alternativa alimentar com boa qualidade protéica, uma vez que as leguminosas complementam esse baixo teor de lisina.

Como as proteínas de girassol têm problemas de solubilidade, os procedimentos que melhorem esta propriedade funcional devem ser desenvolvidos e preferidos no processamento do girassol, para obtenção de seus derivados protéicos. Os tratamentos brandos, com ácido, melhoram a solubilidade do isolado protéico de girassol e reduzem a atividade da polifenoxidase sobre os fenóis (ácido clorogênico), pois ela é mais ativa em pH alcalino.

Os tratamentos térmicos adequados diminuem a quantidade de complexos formados entre as proteínas e os compostos fenólicos, pela destruição das pontes de hidrogênio existentes entre eles. O calor também melhora a digestibilidade das proteínas do girassol, pela sua desnaturação parcial.

Com a remoção das cascas e dos compostos fenólicos, os concentrados e os isolados protéicos obtidos, apresentam cor branca, sabor suave e excelentes propriedades de absorção de óleo, emulsificação e espumabilidade.

Outros produtos protéicos, derivados do girassol, podem ter aplicação como suplementos nutricionais e funcionais. Por exemplo, bebidas do tipo extrato solúvel e produtos análogos à carne (proteínas texturizadas), os quais necessitam de um processamento adequado.

## Referências

ATLAS of nutritional data on United States and Canadian feeds. Washington: National Academy of Sciences, 1971. 772p.

BURNS, E.E.; TALLEY, L.J.; BRUMMETT, B.J. Sunflower utilization in human foods. **Cereal Science Today**, St. Paul, v.17, p.287-289, 1972.

CEGLA, G.F.; BEEL, K.R. High pressure liquid chromatography for the analysis of soluble carbohydrates in defatted oilseed flours. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v.54, p.4150-4152, 1977.

CHOI, Y.R.; RHEE, K.C. Food Protein. In: **ANNUAL PROGRESS REPORT**. Texas, p.203-213, 1981.

CLAUGHTON, S.M.; PEARCE, R.J. Preparation and properties of acid-modified sunflower protein isolate. **Journal of Food Science**, Chicago, v.54, n.2, p.357-361, 1989.

D'APPOLONIA, B.L.; MACARTHUR, L.A. **Baker Digest**, Chicago, v.54, n.1, p.32-38, 1979.

DELIC, I.; VUCUREVIC, N.; STOJANOVIC, S. Investigation of chlorogenic acid from sunflower meal under in vitro conditions in mice. **Acta Veterinaria**, Praga, v.25, n.3, p.115-119, 1975.

DORREL, G.D. Processing and utilization of oilseed sunflower. In: CARTER, J.F. **Sunflower science and technology**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1978. p.407-440.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **Oilseeds: world market and trade**. Washington, 2005. 28p. (Circular Series, FOP 03-05)

FAN, T.Y.; SOSULSKI, F.W.; HAMON, N.W. New techniques for preparation of improved sunflower protein concentrates. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.53, n.1, p.118-125, 1976.

FLEMING, S.E.; SOSULSKI, F.W. Breadmaking properties of four concentrated plant proteins. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.54, n.5, p.1124-1140, 1977.

KILARA, A.; HUMBERT, E.S.; SOSULSKI, F.W. Nitrogen extractability and moisture adsorption characteristics of sunflower seed products. **Journal of Food Science**, Chicago, v.37, p.771-773, 1972.

LANZANI, A.; CARDILLO, M.; PETRINI, M.C. La farine da semi di girasole nella prospettiva di impieghi alimentari. In: CONEGNO SUELI ASPETTI GENETICI AGRONOMICI E PATOLOGICI DEL GIRASOLE E SULLE CARATTERISTICHE INDUSTRIALI, ALIMENTARI E COMMERCIALI DEL PRODOTTO, 1978, Pisa. **Proceedings**. Pisa: Consiglio Nazionale delle Ricerche, 1978. Não paginado.

LOOMIS, W.D. Overcoming problems of phenolics and quinones in the isolation of plant enzymes and organelles. **Methods in Enzymology**, San Diego, v.31, p.528, 1974.

LUSAS, E.W. Sunflower seed protein. In: ALTSCHUL, A.M. e WILCKE, H.L. (Ed.). **New protein foods**. Orlando: Academic Press, 1985. p.394-433.

MANDARINO, J.M.G. **Características bioquímicas e nutricionais do óleo e do farelo de girassol**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1992. 25p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 52).

MOSSÉ, J.; BAUDET, J. Biochemical aspects of quality and content of lysine in sunflower seed proteins. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 5., 1972, Clement-Ferrand. **Proceedings...** Clement-Ferrand, 1972. p.437-440.

PIERPOINT, W.S. O-quinones formed in plant extracts: their reactions with amino acids and peptides. **Biochemical Journal**, Essex, v.112, p.490, 1969.

RHAMA, T.H.; RAO, M.S.N. Characterization of sunflower protein. **Journal of Food Science**, Chicago, v.44, n.2, p.579-582, 1979.

ROY, N.D.; BHAT, R.V. Trypsin inhibitor content of some varieties of soybean (*Glycine max*) and sunflower seed (*Helianthus annuus*) **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Essex, v.25, p.265-269, 1974.

SASTRY, M.C.S.; SUBRAMANIAN, N. Effect of heat processing on phenolic constituents and nutritional quality of sunflower flour. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v.12, p.1131-1134, 1985.

SODINI, G.; CANELLA, M. Acidic butanol removal of color-forming phenols from sunflower meal. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.25, p.4822-4825, 1977.

SOSULSKI, F. Food uses of sunflower proteins. In: HUDSON, B.J.F. **Developments in food proteins** 3. London: Elsevier Applied Science, 1984. p.113-138.

SOSULSKI, F.W.; MOHAMOUD, R.M. Effects of protein supplements on carbonyl compounds and flavour in bread. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.56, n.6, p.533-536, 1979.

SYNGE, R.L.M. Interactions of polyphenols with proteins in plants and plant products. **Qualitas Plantarum**, Dordrecht, v.24, p.337, 1975.

WAN, P.J.; BAKER, G.W.; CLARK, S.P.; MATLOCK, S.W. Characteristics of sunflower seed and meal. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.56, n.4, p.352-355, 1979.

WATT, B.K.; MERRILL, A.L. **Composition of foods: raw, processed, prepared**. Washington: Department of Agriculture, 1978. 190p. (Agriculture Handbook, 8).

## Introdução

Em 2003, o número de vacas ordenhadas, no Brasil, foi de aproximadamente 19,2 milhões de animais com produção total de leite estimada em 22,2 bilhões de quilogramas, portanto, a produção média anual foi de aproximadamente 1155,7 kg vaca<sup>-1</sup>. Numa lactação de 305 dias, a produção média diária é de aproximadamente 3,8 kg de leite por animal (Embrapa, 2005). Os maiores Estados produtores são Minas Gerais (6,3 bilhões de quilos), Goiás (2,5 bilhões de quilos), Rio Grande do Sul (2,3 bilhões de quilos) e Paraná (2,1 bilhões de quilos).

Enquanto a produção média do rebanho leiteiro nacional é de 1.155,7 kg de leite ano<sup>-1</sup>, na vizinha Argentina é de 2.600 kg de leite ano<sup>-1</sup>. Nos Estados Unidos e Canadá, a produção média atinge 8.000 kg de leite ano<sup>-1</sup> e em Israel supera os 9.000 kg de leite ano<sup>-1</sup> (Tschischkale, 1996).

A alimentação baseada na qualidade, obtida através de estudos dos alimentos disponíveis que possam, de forma viável, suprir as necessidades nutricionais dos animais, é a forma mais rápida de melhorar a produção de leite do rebanho nacional. Neste sentido, os grãos de oleaginosas, como o girassol (*Helianthus annuus* L.) e seus co-produtos apresentam grande potencial de uso e, cada vez mais, presentes na alimentação de ruminantes, por constituir uma alternativa de alimento para formulação de dietas, pois contêm altos níveis de proteína e energia.

As características físicas dos alimentos são raramente medidas, particularmente em relação as suas propriedades necessárias para a formulação de rações. O conhecimento de algumas destas características poderiam explicar a interação entre a flora ruminal e a degradação do alimento (Ginger-Reverdin, 2000).

Por outro lado, a densidade da partícula exerce influência na taxa de passagem (Ehle, 1984) e na taxa de renovação de alimentos no rúmen, com isso alterando a ingestão do alimento (Singh & Narang, 1991).

Sendo assim, para utilizar um alimento na formulação de rações para ruminantes, deve-se conhecer tanto a degradabilidade ruminal, quanto a digestibilidade, variáveis que nos leva ao conhecimento da eficiência nutricional deste alimento.

## Degradabilidade *in situ* dos grãos de girassol

A metodologia para o estudo da Degradabilidade, através de incubações no rúmen de alimentos em sacos de náilon, visando seus fracionamentos e o modelo matemático proposto por Ørskov & McDonald (1979), são os meios mais utilizados pelos pesquisadores em nutrição de ruminantes nas determinações das frações nutritivas que compõem os alimentos. As três frações para cada alimento estudado, determinadas com o uso desta metodologia são denominadas de:

- Fração hidrossolúvel ou “fração A”: fração do alimento que desaparece prontamente ou é utilizada pelos microorganismos, quando em contato com o fluido ruminal;
- Fração insolúvel, potencialmente degradável ou “fração B”: porção de cada alimento que pode sofrer o “ataque” dos microorganismos do rúmen e, com isso, desaparecer devido a degradação sofrida;
- Fração insolúvel, indegradável ou “fração C”: porção do alimento que passa pelo trato digestivo sem alterações quantitativas de seus componentes químicos;
- Taxa de degradação da fração B ou “kp” ou “c”: velocidade em que a fração B é degradada no rúmen.

Esta técnica pode superestimar a fração A quando partículas pequenas, formadas durante a trituração do alimento, que escapam dos sacos de náilon sem serem degradados.

Por meio do estudo da degradabilidade *in situ*, Drackley & Schingoethe (1984) utilizando uma mistura contendo grãos de girassol, observaram que esta propiciava dieta com menor degradabilidade ruminal da proteína. Este fato mostra que uma maior quantidade de proteína desta mistura, que continha grãos de girassol, passava ileso pela degradação bacteriana e, com isso, maior quantidade de proteína verdadeira e potencialmente digerível, poderia chegar ao abomaso e intestino, deixando este nutriente de alto valor biológico disponível para a digestão e absorção.

Drackley & Schingoethe (1986) observaram que vacas em lactação alimentadas com rações contendo grão de girassol na dieta apresentaram maiores persistências no pico de produção de leite.

Nas Tabelas 1, 2, 3 e 4, podem ser observadas as estimativas não lineares e a degradabilidade efetiva e na Fig. 1 as curvas de degradação de grãos de girassol inteiros e quebrados, segundo Bett et al. (2004).

Os maiores valores obtidos nos parâmetros de degradabilidade dos grãos de girassol, que passaram pelo processo de quebra, em moinho de faca, se justificam pelo fato de haver maior área de contato do alimento com as bactérias do rúmen (Ginger-Reverdin, 2000), favorecendo a degradação que, segundo Dehority & Orpin (1988), favorecerá o crescimento da flora microbiana do rúmen.

Depeters et al. (2001) observaram aumento da ingestão da matéria seca (IMS) quando óleo vegetal foi introduzido no rúmen ou incorporado à dieta.

O maior coeficiente encontrado para fração A, que é a fração do alimento hidrossolúvel, pode ser explicado por aumento da superfície de contato através de processamentos físicos. Como os grãos de girassol foram quebrados, houve um aumento na área de contato das amêndoas da semen-

**Tabela 1.** Médias das estimativas não lineares dos parâmetros *a*, *b* e *c* e degradabilidade efetiva da matéria seca (DEMS) nas taxas de passagem de sólidos de 5 e 8% por hora, dos grãos de girassol inteiros e quebrados.

Parâmetro	Tratamento		DMS	EP	P
	Grão inteiro	Grão quebrado			
MS .....					
<i>a</i>	17,8b	32,4a	0,1993	1,7706	0,0001
<i>b</i>	82,3a	54,4b	0,2810	3,3793	0,0001
<i>c</i>	0,0056b	0,0763a	0,0005	0,0086	0,0002
DEMS.....					
5% h <sup>-1</sup>	26,1b	65,2a	0,4237	4,7469	0,0001
8% h <sup>-1</sup>	23,2b	58,9a	0,2867	4,3355	0,0001

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade

DMS: diferença mínima significativa das médias; EP: erro padrão; P: probabilidade

**Tabela 2.** Médias das estimativas não lineares dos parâmetros *a*, *b* e *c* e degradabilidade efetiva da proteína bruta (DEPB) nas taxas de passagem de sólidos de 5 e 8% por hora, dos grãos de girassol inteiros e quebrados.

Parâmetro	Tratamento		DMS	EP	P
	Grão inteiro	Grão quebrado			
PB .....					
<i>a</i>	13,0b	44,2a	0,3581	3,7854	0,0001
<i>b</i>	87,0a	55,4b	0,1764	3,8321	0,0001
<i>c</i>	0,0051b	0,0980a	0,0013	0,0113	0,0003
DEPB .....					
5% h <sup>-1</sup>	21,0b	80,9a	0,2294	7,2544	0,0001
8% h <sup>-1</sup>	18,2b	74,7a	0,2273	6,8498	0,0001

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade

DMS: diferença mínima significativa das médias; EP: erro padrão; P: probabilidade

**Tabela 3.** Médias das estimativas não lineares dos parâmetros *a*, *b* e *c* e degradabilidade efetiva do extrato etéreo (DEEE) nas taxas de passagem de sólidos de 5 e 8% por hora, dos grãos de girassol inteiros e quebrados.

Parâmetro	Tratamento		DMS	EP	P
	Grão inteiro	Grão quebrado			
EE .....					
<i>a</i>	10,8b	33,4a	1,8270	2,7461	0,0001
<i>b</i>	89,2a	66,6b	1,8270	2,7461	0,0001
<i>c</i>	0,0036b	0,0971a	0,0086	0,0114	0,0004
DEEE .....					
5% h <sup>-1</sup>	16,8b	77,4a	0,8144	7,3424	0,0001
8% h <sup>-1</sup>	14,7b	69,9a	0,7898	6,7012	0,0001

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade

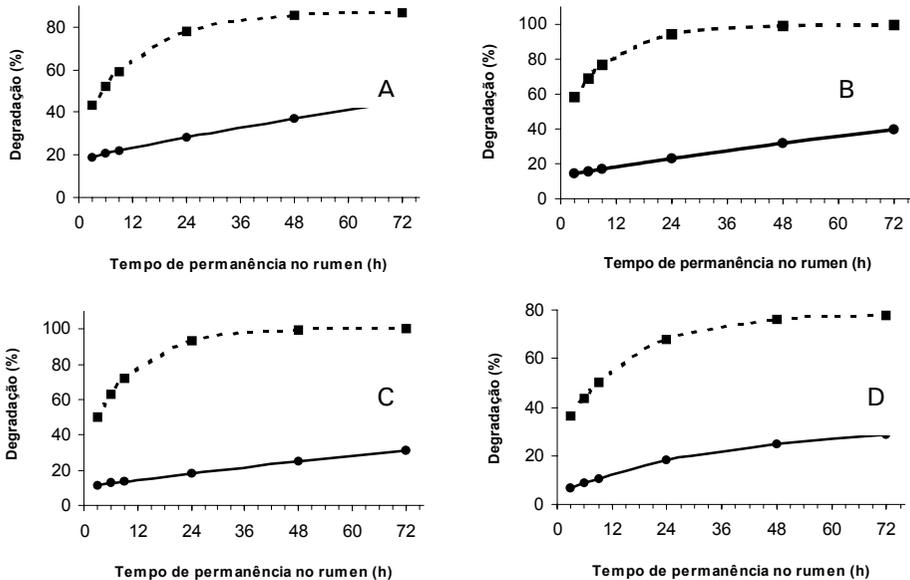
DMS: diferença mínima significativa das médias; EP: erro padrão; P: probabilidade

**Tabela 4.** Médias das estimativas não lineares dos parâmetros *a*, *b* e *c* e degradabilidade efetiva da fibra em detergente neutro (DEFDN) nas taxas de passagem de sólidos de 5 e 8% por hora, dos grãos de girassol inteiros e quebrados.

Parâmetro	Tratamento		DMS	EP	P
	Grão Inteiro	Grão Quebrado			
FDN.....					
<i>a</i>	4,3a	26,9b	0,5103	2,7382	0,0001
<i>b</i>	27,3b	51,3a	0,6494	2,9139	0,0001
<i>c</i>	0,0299b	0,0665a	0,0017	0,0045	0,0001
DEFDN.....					
5% h <sup>-1</sup>	14,5b	56,2a	0,1419	5,0511	0,0001
8% h <sup>-1</sup>	11,7b	50,2a	0,1561	4,6618	0,0001

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade

DMS: diferença mínima significativa das médias; EP: erro padrão; P: probabilidade



**Fig. 1.** Curva de degradação da MS (A), PB (B), EE (C) e FDN (D) dos grãos de girassol inteiros (---●---) e quebrados (---■---).

te, onde estão as frações mais facilmente degradáveis, com o meio externo e, portanto, sendo usada de forma imediata pelos microorganismos ruminais.

A maior degradabilidade dos grãos quebrados, em parte, é benéfica, uma vez que disponibilizará mais substrato para o desenvolvimento da flora bacteriana ruminal.

O grão de girassol quebrado proporciona maior disponibilidade de óleo no rúmen. Esta maior quantidade de lipídios em dietas de ruminantes requer critério no manejo alimentar. Segundo Van Soest (1994), os ácidos graxos insaturados possuem ação tóxica aos microrganismos gram-positivos, como as bactérias fibrolíticas. Esta toxidez pode trazer problemas relacionados ao decréscimo na degradação da fração fibrosa da dieta e alterações no metabolismo ruminal (Palmquist & Jenkins, 1980).

Devendra & Lewis (1974) sugerem quatro teorias para explicar este efeito: 1) os ácidos graxos poliinsaturados formariam uma camada sobre a fibra, impedindo o ataque microbiano; 2) modificação da população microbiana do rúmen por possível efeito tóxico destes ácidos sobre alguns microrganismos; 3) inibição da atividade microbiana pelo efeito da superfície ativa dos ácidos graxos sobre a membrana celular dos microrganismos; 4) redução de cátions disponíveis pela formação de complexos insolúveis com os ácidos graxos de cadeia longa, podendo ser de duas formas, isto é, diretamente pela diminuição de cátions disponíveis ou indiretamente pela alteração do pH ruminal.

Outra implicação importante é que o óleo de girassol é rico em ácidos graxos poliinsaturados que são biohidrogenados pelas bactérias e protozoários, tendo como resultados um maior aporte energético após rúmen (Byers & Schelling, 1993; Petit et al., 1997).

Quando se utiliza o grão inteiro, a menor degradação dos mesmos leva a uma menor disponibilização do óleo contido na semente no conteúdo ruminal, diminuindo a possibilidade de danos à flora bacteriana. A utilização de ácidos graxos poliinsaturados livres protegidos contra a degradação ruminal como fonte de energia dietética para ruminantes, tem sido estimulado com o objetivo de melhorar a qualidade dos alimentos usados nas rações destes animais. A Organização Mundial da Saúde (Enser et al., 1998) recomenda a substituição de ácidos graxos saturados por ácidos graxos mono e poliinsaturados na dieta, para prevenir doenças isquêmicas cardíacas nos seres humanos, consumidores principais dos produtos de origem animal.

## Digestibilidade *in vitro* dos grãos de girassol

Para melhorar a produção brasileira de leite faz-se necessário o estudo da qualidade dos alimentos disponíveis que possam, de forma viável, suprir as exigências nutritivas dos animais. Neste sentido, os grãos de oleaginosas, mostram-se potencialmente eficientes, uma vez que são ricos em proteína e, principalmente, energia. No estudo da digestibilidade, podemos estimar quanto do alimento fornecido é colocado, aparentemente, à disposição do organismo animal para o funcionamento de seus processos digestivos e metabólicos.

Na Tabela 5, pode-se observar as médias da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e do extrato etéreo (EE) de três variedades de girassol (Bett et al., 2004).

**Tabela 5.** Efeito da cultivar de girassol sobre a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), proteína bruta (DIVPB) e extrato etéreo (DIVEE) dos grãos.

Variedades	DIVMS	DIVPB	DIVEE
C11	61,1a	94,5a	71,9a
Embrapa 122	60,5a	91,7b	69,9a
M734	52,9b	91,6b	58,7b

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem pelo teste de Tukey ( $P < 0,0001$ )

O grão de girassol mostra-se como uma boa alternativa de alimento energético para ruminantes, especialmente para vacas em lactação. Pelos resultados da degradabilidade *in situ* e da digestibilidade *in vitro* observados na literatura induzem a afirmar que a inclusão de girassol nas rações de ruminantes irá propiciar uma suplementação destes animais com maiores quantidades de energia, proteína e sobretudo, de ácidos graxos de melhor qualidade nutricional.

## Produção de leite

A alta produção de leite com eficiência é um dos fatores mais importantes para a rentabilidade do gado leiteiro. Entretanto, alta produção e eficiência reprodutiva são antagonistas (Harrison et al., 1990). A quantidade de

alimento ingerido pelas vacas, no início de lactação, não supre a demanda de energia associada à alta produção de leite (Reksen et al., 2001). Este período típico no início de lactação, chamado de “período de balanço energético negativo”, prejudica a atividade ovariana (Butler et al., 1981; Ducker et al., 1985), diminuindo a eficiência reprodutiva e produtiva das vacas (Butler et al., 1981; Ducker et al., 1985; Stephen & Butler, 1997).

Evidentemente, quando há maior suplementação energética, haverá maiores possibilidades dos animais expressarem seu potencial genético para produção.

Segundo Rebello & Torres (1997), a baixa produtividade nacional se dá devido à deficiência nutricional do rebanho que leva, da mesma forma, a uma baixa eficiência reprodutiva. Fromageot (1978) ressaltou que até 60% dos problemas reprodutivos estão relacionados com os fatores nutricionais, sendo a energia da dieta, um dos principais.

Devido ao balanço energético negativo, os animais mobilizam reservas corporais para manter a produção, com isso o escore de condição corporal (ECC) tende a cair no início da lactação, tornando-se um bom indício do “status” nutricional. Vacas que pariram com até 2,5 de ECC, produziram menos leite do que aquelas que pariram com ECC de 3 até 4. Estes animais apresentaram maior intervalo até o primeiro cio pós-parto, menor persistência de lactação e maior número de serviço por concepção.

A utilização de grãos de oleaginosas em dietas pode ser seguida pela queda na produção de leite que, segundo Delbecchi et al. (2001), é causada pela diminuição de ingestão de alimento. Esta diminuição na ingestão de alimento é, segundo Sanz Sampelayo et al. (2002), normalmente observada, quando fontes de gordura rica em ácidos graxos poliinsaturados são adicionadas, pois estes provocariam a diminuição da palatabilidade da dieta (Franklin et al., 1999).

A diminuição na ingestão de alimentos, também, pode ser explicada pela saciedade em energia controlada hormonalmente pelo animal. A incorporação de grãos de girassol à dieta, proporciona o fornecimento de grande quantidade de energia, chegando ao abomaso para digestão e posterior absorção pelo animal e não sendo transformada em proteína microbiana e/ou ácidos graxos voláteis no rúmen. Esta teoria foi confirmada por DePeters et al. (2001), que observaram diminuição na ingestão de matéria seca (IMS) quando óleo vegetal foi adicionado, experimentalmente, dentro do abomaso. No entanto, DePeters et al. (2001), observaram que a produção de leite foi aumentada pela adição de óleo vegetal na dieta ou diretamente no rúmen.

A utilização do grão de girassol na alimentação animal é pouco estudada. Isso se deve, em parte, a alta qualidade de seu óleo (Gupta & Das, 2000), que é destinado, principalmente, à alimentação humana. Porém, a justificativa da utilização na dieta de bovinos leiteiros está na concentração de proteína e energia, que possibilita o aumento na produção de outro alimento nobre, o leite (Salfer et al., 1995; Schingoethe et al., 1996), que segundo Laranja (1996), é um dos alimentos naturais mais consumido no mundo.

A suplementação com grãos de girassol confere a ração de ruminantes certa quantidade de óleo e proteína protegida da degradação ruminal, disponibilizando estes nutrientes do alimento para a digestão e absorção na forma “verdadeira”, ou seja, na forma originalmente encontrada no alimento.

Segundo Bett et al. (2004), o fornecimento de dieta com maior densidade energética e protéica no início da lactação, quando ocorre balanço energético negativo, além de diminuir a perda de peso e aumentar a produção de leite nesta fase, proporciona reflexo positivo durante toda a lactação do animal. Este efeito residual se deve a melhor nutrição dos animais na fase de balanço energético negativo, proporcionando um “status” nutricional melhor e, com isso, condições mais adequadas para suprir e suportar uma maior produção, embora o consumo dos alimentos não tenha sido alterado.

Este melhor “status” nutricional resulta em uma preparação melhor para a produção de leite, proporcionando maior e mais persistente pico de produção (Bett et al., 2004), como pode ser observado nas Tabelas 6, 7 e 8, cujos valores foram copilado do mesmo grupo de animais antes de receberem dietas contendo grãos de girassol, recebendo grãos de girassol e após sua retirada da dieta. Salienta-se que as medidas de produção foram fei-

**Tabela 6.** Médias de produção de leite ( $\text{kg dia}^{-1} \text{ vaca}^{-1}$ ) dos grupos de animais antes da adição de grãos de girassol.

Ração	Produção Média	Fase de lactação		
		I	II	III
Vacas grupo 1 (G1)	37,50	35,72	39,96	40,96
Vacas grupo 2 (G2)	35,71	35,42	36,34	35,67
Erro padrão da média	47,68	57,13	33,28	38,59

Médias seguidas de letras diferentes, maiúscula na linha e minúscula na coluna, e em cada período, diferem pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ )

**Tabela 7.** Médias de produção de leite (kg dia<sup>-1</sup> vaca<sup>-1</sup>) dos grupos de animais recebendo ração com ou sem adição de grãos de girassol.

Ração	Produção Média	Fase de lactação		
		I	II	III
Com girassol (G1)	40,59a	38,03Ba	41,33ABa	43,18Aa
Sem girassol (G2)	37,37b	36,42b	37,01a	38,93a
Erro padrão da média	37,67	41,73	35,93	35,66

Médias seguidas de letras diferentes, maiúscula na linha e minúscula na coluna, e em cada período, diferem pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ )

Fase de lactação I: zero a 60 dias de lactação; Fases de lactação II: 61 a 90 dias de lactação; Fases de lactação III: 91 a 120 dias de lactação

**Tabela 8.** Médias de produção de leite (kg dia<sup>-1</sup> vaca<sup>-1</sup>) dos grupos de animais após o fornecimento de ração com ou sem adição de grãos de girassol.

Ração	Produção Média	Fase de lactação		
		I	II	III
Com girassol (G1)	42,12	42,18	41,46	42,76
Sem girassol (G2)	41,37	42,40	41,43	39,93
Erro padrão da média	63,98	74,99	53,62	62,03

Médias seguidas de letras diferentes, maiúscula na linha e minúscula na coluna, e em cada período, diferem pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ )

Fase de lactação I: zero a 60 dias de lactação; Fases de lactação II: 61 a 90 dias de lactação; Fases de lactação III: 91 a 120 dias de lactação

tas nos mesmos grupos de animais, ou seja, grupo 1 (G1) e grupo 2 (G2), nos animais que se encontravam na mesma fase de lactação.

## Nível plasmático de progesterona

Um fator importante para lucratividade da pecuária leiteira é a reprodução. Animais em início de lactação, com baixa ingestão de matéria seca, apresentam um quadro de balanço energético negativo, onde a energia ingerida é menor do que a exigida para atender a produção de leite, manutenção, trabalho e em muitos casos até o crescimento. Este efeito pode levar a

uma disfunção no eixo hipotálamo-hipófise-ovário, provocando queda na produção dos hormônios reprodutivos e com isso, aos casos de anestro pós-parto e diminuição na taxa de concepção (Butler et al., 1981).

Para manter a homeostase, o organismo do animal promove mudanças fisiológicas para priorizar a lactação, garantindo a sobrevivência do recém nascido, em detrimento da preparação para uma nova gestação. Para Nebel & McGilliard (1993), estas mudanças levam a alteração na concentração hormonal que promovem a potencialização da produção.

A regulação e a magnitude do balanço energético negativo determina a extensão da alteração da secreção hipotalâmica de GnRH e o efeito sobre a secreção de gonadotrofinas e, desta maneira, a secreção ovariana de progesterona.

Segundo o National Research Council (1989), o restabelecimento da atividade ovariana pós-parto depende da secreção de GnRH, FSH e LH. A hipoglicemia resultante do balanço energético negativo reduz a secreção de GnRH pelo hipotálamo. O anestro apresentado por vacas em balanço energético negativo pode estar relacionado com a frequência dos pulsos e concentração média do hormônio LH. O diâmetro do folículo dominante e a concentração de estradiol tendem a ser menores quando os animais passam por restrição alimentar, sendo o anestro pós-parto provocado pela deficiência de LH circulante.

O fornecimento de grãos de girassol no início da lactação não produziu diferenças significativas entre as concentrações do hormônio progesterona ( $P>0,05$ ), como mostrado na Tabela 9. A concentração deste hormônio observada nos animais foi muito variada, conferindo valores de erro padrão da média e diferença mínima significativa elevados.

**Tabela 9.** Médias da concentração de progesterona ( $\text{ng mL}^{-1}$ ) em função do tratamento (com ou sem adição de grãos de girassol na dieta), durante a lactação.

Fase de lactação	Tratamento		DMS	EPM
	Com girassol	Sem girassol		
Fase I	3,0	3,5	2,66	6,05
Fase II	33,0	29,1	14,99	150,01
Fase III	28,4	32,8	12,31	141,24

Fase de lactação I: 0 a 60 dias de lactação; Fase de lactação II: 61 a 90 dias de lactação; Fase de lactação III: 91 a 120 dias de lactação; DMS: diferença mínima significativa; EPM: erro padrão da média; Médias comparadas pelo teste de tukey, a 5% de probabilidade

Apesar de não significativo, o comportamento da concentração média do hormônio obedeceu ao padrão esperado, segundo Kolb (1987), cuja concentração em  $\text{ng mL}^{-1}$  deve ser próxima de zero ao parto e crescente ao cio (fase secretória) e prenhez.

Mesmo não sendo significativa, podemos observar na tabela que o pico de produção de progesterona dos animais que receberam grão de girassol na dieta, foi atingido na fase II da lactação, enquanto os demais animais, somente atingiram o mesmo nível na fase III. Em ato contínuo, o fornecimento de grãos de girassol, poderia diminuir o período de serviço (OS) dos animais e, conseqüentemente, diminuir o intervalo entre partos (IEP), índices que revelam a eficiência reprodutiva do rebanho.

## **Qualidade do leite**

A qualidade do leite bovino tem sido alvo de estudo objetivando o aumento da concentração dos ácidos graxos monoinsaturados e poliinsaturados, com propósitos econômicos e de saúde pública (Delbecchi et al., 2001).

A qualidade e composição da gordura são influenciadas por inúmeros fatores, entre eles está a qualidade da fibra, a proporção de concentrado e volumoso, o local, a taxa de degradação do amido, a composição de ácidos graxos da dieta e o grau de proteção do suplemento de ácidos graxos à degradação no rúmen (Tachett et al., 1996).

Quando ocorre um aumento da disponibilidade dos ácidos graxos de cadeia longa de carbono na glândula mamária, há uma diminuição da síntese de ácidos graxos por inibição da acetil-CoA carboxilase. Sendo assim, os ácidos graxos com mais de 18 carbonos em suas cadeias encontrados no leite são provenientes da dieta (Beaulieu & Palmquist, 1995; Murphy et al., 1995). Por este motivo, pode-se dizer que a composição da gordura do leite é influenciada por vários fatores, entre eles, a composição do alimento fornecido (DePeters & Bath, 1986; Van Soest, 1994; Kaylegian, 1995; Murphy et al., 1995) que escaparam da biohidrogenação ruminal.

Para diminuir a hidrogenação ruminal dos ácidos graxos, podem ser utilizados métodos de proteção para que estes fiquem insolúveis no rúmen. Como exemplo, destaca-se a utilização da extrusão, peletização, tratamento com formaldeído, sais de cálcio, mistura de gorduras de origem vegetal e animal, ou ainda, utilização de grãos inteiros de oleaginosas (Ashes et al., 1997).

Delbecchi et al. (2001), verificaram que os grãos de oleaginosas adicionados à dieta de vacas em lactação promovem a diminuição da concentração dos ácidos graxos de cadeia curta (C10 – C16), enquanto ocorre um aumento da concentração dos ácidos graxos de cadeia longa como o esteárico (C18:0) e oléico (C18:1). Estes grãos possuem uma proteção natural, o tegumento, que protege os ácidos graxos da biohidrogenação ruminal.

O óleo de girassol possui excelentes características nutricionais (Fernandes et al., 1998), dentre elas, alta relação de ácidos graxos poliinsaturados/saturados (65,3/11,6%). O teor de poliinsaturados é constituído, em sua quase totalidade, pelo ácido linoléico (65%), que por não ser sintetizado por vias metabólicas, é classificado como essencial na dieta, pois este tem participações ativas em várias funções fisiológicas no organismo animal (Andrade, 1994).

Foi observada nesta fase uma concentração 9,7% maior ( $P < 0,01$ ) do ácido oléico no leite dos animais do tratamento com girassol. O erro padrão desta média foi 13,45 evidenciando uma grande variação dos dados (Tabelas 10 a 12).

**Tabela 10.** Alterações do perfil dos ácidos graxos do leite produzido por vacas da raça holandesa em função do tratamento (com ou sem adição de grãos de girassol na dieta) na fase de lactação I<sup>1</sup>.

Ácidos graxos	Dieta		EPM
	Sem girassol	Com girassol	
Cáprico	3,26	2,62	0,52*
Láurico	3,31	2,73	0,43*
n-Tridecílico	10,02	8,82	1,73*
Palmítico	25,90	23,72	5,37*
Esteárico	10,60	13,18	5,21*
Oléico/Elaidico	23,43	27,01	16,87*
Araquídico	0,37	0,26	0,03*
Saturados	61,51	58,15	22,31
Monoinsaturados	26,06	29,40	19,26*
Poliinsaturados	4,31	4,56	0,33
Total	91,88	93,11	7,14

\*( $P < 0,05$ ); EPM: erro padrão da média; <sup>1</sup>Fase de lactação I: 0 a 60 dias de lactação

**Tabela 11.** Alterações do perfil dos ácidos graxos do leite produzido por vacas da raça holandesa em função do tratamento (com ou sem adição de grãos de girassol na dieta) na fase de lactação II<sup>1</sup>.

Ácidos graxos	Dieta		EPM
	Sem girassol	Com girassol	
Láurico	3,33	2,72	0,52*
n-Tridecílico	0,14	0,11	0,00*
Mirístico	10,18	8,79	1,96*
Pentadecílico	1,06	0,82	0,05*
Palmitico	26,81	23,36	8,65*
Palmitoléico	1,62	1,39	0,11*
Margárico	0,46	0,38	0,00*
Esteárico	10,63	12,22	5,27*
Oléico/Elaidico	24,02	26,59	13,45*
Saturados	62,26	57,83	24,89*
Monoinsaturados	26,75	28,94	13,98
Poliinsaturados	5,07	5,11	0,41
Totais	94,07	91,87	15,20

\*(P < 0,05); EPM: erro padrão da média; <sup>1</sup>Fase de lactação II: 61 a 90 dias de lactação

**Tabela 12.** Alterações do perfil dos ácidos graxos do leite produzido por vacas da raça holandesa em função do tratamento (com ou sem adição de grãos de girassol na dieta) na fase de lactação III<sup>1</sup>

Ácidos graxos	Dieta		EPM
	Sem girassol	Com girassol	
Láurico	3,50	2,98	0,27*
Mirístico	10,62	9,59	0,82*
Pentadecílico	0,99	0,78	0,03*
Esteárico	9,93	12,08	4,54*
Saturados	62,51	61,04	13,68
Monoinsaturados	25,69	27,80	11,96
Poliinsaturados	5,05	4,89	0,98
Totais	93,25	93,73	6,02

\*(P < 0,05); EPM: erro padrão da média; <sup>1</sup>Fase de lactação III: 91 a 120 dias de lactação

A concentração dos ácidos palmítico (C16:0) e palmitoléico (C16:1) no leite dos animais que receberam grãos de girassol assemelha-se à obtida por Delbecchi et al. (2001), que trabalhou com grãos de canola protegidos da fermentação ruminal com formaldeído. Este resultado mostrou que o tegumento do grão de girassol confere uma proteção da degradação ruminal semelhante ao formaldeído. O mesmo pode ser observado nos ácidos esteárico e oléico.

A elevada concentração de ácido oléico (C18:1) é explicada pelo aumento da disponibilidade do seu precursor, ácido esteárico (C18:0), por meio da reação catalizada pela enzima delta-9-esteoroil-CoA dessaturase, encontrada na glândula mamária (Delbecchi et al., 2001).

Além disso, segundo Noakes et al. (1996), o aumento da concentração dos ácidos graxos saturados, especialmente o mirístico (C14:0) e palmítico (C16:0) elevam a concentração de lipoproteínas de baixa densidade (LDL) no plasma, aumentando o risco da ocorrência de doenças coronárias, em seres humanos.

A introdução de fontes de lipídios na dieta de vacas em lactação pode limitar a síntese de proteína microbiana e com isso, diminuir o fluxo desta proteína para o intestino delgado (Palmquist et al., 1993). Em consequência disto, pode haver a diminuição do fluxo de aminoácidos para a glândula mamária e reduzir a concentração de proteína no leite (DePeters & Cant, 1992; Dhiman et al., 2001).

Pode-se observar que a composição do leite não foi alterada pela adição de grãos de girassol na dieta das vacas (Tabelas 13 a 15). A exceção é feita à

**Tabela 13.** Composição e contagem de células somáticas (CCS) do leite produzido por vacas da raça Holandesa na fase de lactação I, em função da dieta.

Nutriente	Tratamento		DMS	EPM
	Sem girassol	Com girassol		
Gordura	3,1	3,2	0,40	0,39
Proteína	2,8*	2,7	0,15	0,05
Lactose	4,6	4,7	0,17	0,07
Sólidos Totais	11,4	11,4	0,57	0,78
CCS	20,9	12,9	14,23	493,82

CCS = contagem de células somáticas, raiz quadrada do valor observado; DMS = diferença mínima significativa; EPM = erro padrão da média; Fase de lactação I: 0 a 60 dias de lactação; DMS: diferença mínima significativa; EPM: erro padrão da média; Médias comparadas pelo teste de tukey, a 5% de probabilidade

**Tabela 14.** Composição e contagem de células somáticas (CCS) do leite produzido por vacas da raça Holandesa na fase de lactação II, em função da dieta.

Nutriente	Tratamento		DMS	EPM
	Sem girassol	Com girassol		
Gordura	3,1	2,9	0,49	0,57
Proteína	2,9*	2,8	0,15	0,05
Lactose	4,6	4,6	0,16	0,06
Sólidos Totais	11,5	11,1	0,64	0,96
CCS	14,0	11,2	7,76	142,89

CCS = contagem de células somáticas, raiz quadrada do valor observado; DMS = diferença mínima significativa; EPM = erro padrão da média; Fase de lactação II: 61 a 90 dias de lactação; DMS: diferença mínima significativa; EPM: erro padrão da média; Médias comparadas pelo teste de tukey, a 5% de probabilidade

**Tabela 15.** Composição e contagem de células somáticas (CCS) do leite produzido por vacas da raça Holandesa na fase de lactação III, em função da dieta.

Nutriente	Tratamento		DMS	EPM
	Sem girassol	Com girassol		
Gordura	3,0	3,3	0,57	0,65
Proteína	3,0*	2,8	0,15	0,05
Lactose	4,6	4,6	0,18	0,06
Sólidos Totais	11,4	11,6	0,69	0,93
CCS	16,2	10,3	8,02	127,47

CCS = contagem de células somáticas, raiz quadrada do valor observado; DMS = diferença mínima significativa; EPM = erro padrão da média; Fase de lactação III: 91 a 120 dias de lactação; DMS: diferença mínima significativa; EPM: erro padrão da média; Médias comparadas pelo teste de tukey, a 5% de probabilidade

proteína, cuja concentração foi diminuiu ( $P < 0,05$ ) pela adição dos grãos de girassol à dieta. No trabalho de Park (1988), a inclusão de 14,3% de grãos de girassol na dieta também alterou significativamente a concentração de proteína no leite.

Embora a concentração de proteína do leite dependa de diversos fatores, dentre eles, a fonte de lipídios, observa-se que possivelmente houve limitação na síntese de proteína microbiana, e com isso, redução no fluxo des-

ta para o intestino delgado, levando a um menor suprimento de aminoácidos para a glândula mamária, reduzindo, conseqüentemente, a concentração protéica do leite (DePeters & Cant, 1992; Palmquist et al., 1993; Dhiman et al., 2001).

Para Vincent et al. (1990), dietas suplementadas com farelo de girassol não tiveram nenhum efeito sobre os teores de gordura e proteína do leite.

### **Torta magra de girassol na ensilagem de cana-de-açúcar**

Em virtude da produção irregular de forragem durante as estações do ano, a silagem de gramíneas pode constituir-se numa alternativa para ser usada durante o período de escassez das pastagens.

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é uma boa opção para ensilagem, apresentando como características a alta produção de matéria verde por hectare, baixo custo da matéria seca produzida e o período de colheita coincidente com a época da seca. Mas, segundo Mendonça et al. (2004), a cana possui limitações nutricionais, tais como baixo teor de proteína bruta, fibra de lenta degradação e alto teor de fibras não digeríveis. Estes problemas nutricionais podem, em parte, ser solucionados por tratamentos químicos realizados com a cana no momento da ensilagem e/ou adicionado outros alimentos para suprir as deficiências nutricionais da cana (Silveira et al., 2002).

Uma das alternativas para a complementação nutricional da cana-de-açúcar é o uso da torta de girassol (Oliveira & Caceres, 2003), co-produto da indústria do biodiesel, pois é um alimento rico em proteína e energia.

Para avaliar o processo fermentativo e valor nutricional da silagem de cana-de-açúcar com a incorporação de torta magra de girassol à massa ensilada, a cana-de-açúcar foi ensilada com adição de inoculante biológico e enzimático e torta magra de girassol, em diferentes quantidades.

A torta de girassol foi incorporada em quantidade crescente (5, 10, 15 e 20%) da massa ensilada até se atingir 7,5% de proteína bruta, quantidade semelhante à encontrada na silagem de milho.

Os resultados apresentados na Tabela 16 mostram que no dia 7 após a ensilagem, houve um aumento do pH, este fato pode ser explicado pela abertura dos minissilos experimentais no 3º dia após a ensilagem, propiciando a entrada de ar e, conseqüentemente, desenvolvimento de bacté-

**Tabela 16.** Potencial hidrogeniônico (pH) da silagem de cana-de-açúcar, com diferentes níveis de incorporação de torta magra de girassol.

Trat	Tempo de ensilagem (dias)				
	3	7	15	28	56
Sem torta	3,73bC	3,98aC	3,74bC	3,73bB	3,70bB
5% de torta	3,87bBC	4,09aBC	3,80bBC	3,83bAB	3,93bA
10% de torta	3,93bAB	4,19aAB	3,89bAB	4,00bAB	3,97bAB
15% de torta	3,97bAB	4,17aAB	3,91bA	3,93bAB	3,97bA
20% de torta	4,03bA	4,24aA	3,94bA	4,00bA	3,97bA
P>F	0,0009	0,0007	0,0003	0,007	0,0003
EPM	0,0033	0,0024	0,0013	0,006	0,0027

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ )

as aeróbicas. Como o intervalo de tempo não foi suficiente para uma nova atuação eficiente das bactérias anaeróbicas, observou-se este aumento.

A partir do 15º dia após a ensilagem, houve uma estabilização do pH, que foi observada até o 56º dia. Neste período, as amostras eram colhidas a intervalos mais longos, possibilitando maior atuação dos lactobacilos inoculados, promovendo a queda do pH.

De acordo com Londoño-Hernández (2002), as proteínas conferem poder tampão, pois sua degradação produz amônia. Forragens com alto teor de proteína na matéria seca necessitam mais ácido lático para atingir pH adequado para a conservação.

Na Tabela 17 pode-se observar os teores de matéria seca das silagens. À medida que se aumentou a quantidade de torta nas amostras, o teor de matéria seca diminuiu. Esta observação não condiz com os dados da literatura. Andrade et al. (2001) determinou que à medida que acrescentava rolão de milho à cana, o teor de MS se elevava, pelo fato do rolão possuir teor de umidade menor.

Nesse trabalho, o fato da torta de girassol incorporada no momento da ensilagem, possuir maior porcentagem de matéria seca, pode ter provocado uma retenção da umidade que seria perdida como efluente.

Outra explicação seria o fato de ter ocorrido fermentação secundária, devido ao desenvolvimento de leveduras, que consomem o ácido lático for-

**Tabela 17.** Teores de matéria seca de amostras de silagem de cana-de-açúcar colhidas três e 56 dias após o fechamentos dos silos experimentais.

Ensilagem (dias)	Níveis de torta de girassol				
	0%	5%	10%	15%	20%
3	54,36aA	51,88abA	48,88bA	48,84bA	43,04cA
56	48,13aA	46,02aB	44,63Aa	37,90aB	33,89aB
P>F	0,1439	0,0054	0,5009	0,0010	0,0358
EPM	17,69	1,71	49,68	2,40	12,96

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05)

mado pelos lactobacilos inoculados e liberam CO<sub>2</sub>, fazendo com que haja perda de matéria seca da silagem.

A torta de girassol apresentou qualidades como um aditivo nutricional nas ensilagens de cana-de-açúcar, podendo ser aconselhado seu uso em até 20% do material ensilado sem prejuízos sobre a qualidade da silagem obtida.

## Referências

ANDRADE, A.D. **Ácidos graxos ômega-3 em peixes, óleos de peixes e óleos vegetais comestíveis**. 1994. 67 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

ANDRADE, J.B.; FERRARI JUNIOR, E.; BRAUN, G. Valor nutritivo de cana-de-açúcar tratada com hidróxido de sódio e acrescida de rolão-de-milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, vol.36, no.10, p.1265-1268, 2001.

ASHES, J.R.; GULATI, S.K.; SCOTT, T.W. New approaches to changing milk composition: potential to alter the content and composition of milk fat through nutrition. **Journal of Dairy Sciences**, Champaign, v.80, p.2204-2212, 1997.

BEAULIEU, A. D.; PALMQUIST, D. L. Differential effects of high diets on fatty acid composition in milk on jersey and holstein cows. **Journal of Dairy Sciences**, Champaign, v.78, n.6, p.1336-1344, 1995.

BETT, V., OLIVEIRA, M.D.S., MATSUSHITA, M., HEADLEY, S.A., SOUZA, N.E. Effects of sunflower oilseed supplementation on fatty acid profile and milk

composition from holstein cows. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.26, n.1, p.95-101, 2004.

BUTLER, W.R.; EVERETT, R.W.; COPPOCK, C.E. The relationships between energy balance, milk production and ovulation in postpartum Holstein cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.53, p.742-748, 1981.

BYERS, F.M.; SCHELLING, G.T. Los lipidos en la nutrición de los rumiantes. In: CHURCH, C.D. **El rumiante: fisiología y nutrición**. Zaragoza: ACRIBIA, 1993. p.339-356.

DEHORITY, B.A.; ORPIN, C.G. Development of, and natural fluctuans in, rumen microbial populations. In: HOBSON, P.N. **The rumen microbial ecosystem**. New York: Elsevier Science Publishing, 1988, p.151-184.

DELBECCHI, L.; AHNADI, C.E.; KENNELLY, J.J.; LAÇASSE, P. Milk fatty acid composition and mammary lipid metabolism in holstein cows fed protected or unprotected canola seeds. **Journal of Dairy Sciences**, Champaign, v.84, p.1375-1381, 2001.

DePETERS, E.J.; BATH, D.J. Canola versus cottonseed meal as the protein supplement in dairy diets. **Journal of Dairy Sciences**, Champaign, v.69, p.148-154, 1986.

DePETERS, E.J.; CANT, J.P. Nutritional factors influencing the nitrogen composition of bovine milk: A review. **Journal of Dairy Sciences**, Champaign, v.75, p.2073-2070, 1992.

DePETERS, E.J.; GERMAN, J.B.; TAYLOR, S.J.; ESSEX, S.T.; PERES-MONTI, H. Fatty acid and triglyceride composition of milk fat from lactating holstein cows in response to supplemental canola oil. **Journal of Dairy Sciences**, Champaign, v.84, p.929-936, 2001.

DEVENDRA, C.; LEWIS, D. The interaction between dietary lipids and fibre in the seep. **Animal Production**, Edinburgh, v.19, p.67, 1974.

DHIMAN, T.R.; MacQUEEN, I.S.; LUCHINI, N.D. Milk yield response of dairy cows fed fat along with protein. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.90, p.169-184, 2001.

DRACKLEY, J.K.; SCHINGOETHE, D.J. Extruded blend of soybean meal and sunflower seeds for dairy cattle in early lactation. **Journal of Dairy Sciences**, Champaign, v.69, n.2, p.371-384, 1986.

DUCKER, M.J.; HAGGERT, R.A.; FISHER, W.J.; MORANT, S.V.; BLOOMFIELD, G.A. Nutrition and reproductive performance of dairy cattle. 1 - The effect of level of feeding in late pregnancy and around the time of insemination on the reproductive performance of first lactation dairy heifers. **Animal Production**, Edinburgh, v.41, p.1-12, 1985.

EHLE, F.R. Influence of feed particle density on particulate passage from rumen of Holstein cows. **Journal of Dairy Sciences**, Champaign, v.67, p.693-697, 1984.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite. Disponível em: <<http://www.cnpqgl.embrapa.br/>>. Acesso em: 30 mai. 2005.

ENSER, M.; HALLET, K.G.; FURSEY, G.A.J.; Wood, J.D. Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. **Meat Science**, Barking, v.49, p.329, 1998.

FERNANDES, F.D.; AMABILE, R.F.; GOMES, A.C.; CABRAL, M.A.C. Composição química de sementes de dois genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.) cultivados nos cerrados do distrito federal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998. **Anais...** Botucatu, 1998. p.602-604

FRANKLIN, S.T.; MARTIN, K.R.; BAER, R.J.; SCHINGOETHE, D.J.; HIPPEN, A.R. Dietary marine algae (*Schizochytrium* sp.) increases concentrations of conjugated linoleic, docosahexaenoic and transvaccenic acids in milk of dairy cows. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.129, p.2048-2052, 1999.

FROMAGEOT, D. Abord zootechnique de l'infertilité chez les bovins laitiers. 2a) les facteurs alimentaires. **Revue D'élevage et de Médecine Veterinaire des Pays Tropicaux**, Paris, v.154, n.3, p.207-213, 1978.

GINGER-REVERDIN, S. Characterization of feedstuffs for ruminants using some physical parameters. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.86, p.53-69, 2000.

GUPTA, R.K.; DAS, S.K. Fracture resistance of sunflower seed and kernel to compressive loading. **Journal of Food Engineering**, Essex, v.46, p.1-8, 2000.

HARRISON, R.O.; FORD, S.P.; YOUNG, J.W.; CONLEY, A.J.; FREEMAN, A.E. Increased milk production versus reproductive end energy status of high producing dairy cows. **Journal of Dairy Sciences**, Champaign, v.73, p.2749-2758, 1990.

KAYLEGIAN, K.E. Functional characteristics and nontraditional applications of milk lipid components in food and nonfood systems. **Journal of Dairy Sciences**, Champaign, v.78, p.2524-2540, 1995.

KOLB, E. (Ed.). **Fisiologia veterinária**. 4 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1987, 612 p.

LARANJA, L. F. Manejo, dieta e higiene: quando afetam a qualidade do leite. **Revista Balde Branco**, São Paulo, v.32, n.381, p.30-34. 1996.

LONDOÑO-HERNANDÉZ, F.I.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M.F.; MANCIO, A.B.; CECON, P.R.; LANA, R.P.; MAGALHÃES, K.A.; REIS, S.L.R. Avaliação da composição de vários alimentos e determinação da cinética ruminal da proteína, utilizando o método de produção de gás e amônia *in vitro*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, vol.31, no.1, p.243-255, 2002.

MENDONÇA, S.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; SOARES, C.A.; QUEIROZ, A.C.Q.; LANA, R.P.; ASSIS, A.J.; PEREIRA, M.L.A. Balanço de compostos nitrogenados, produção de proteína microbiana e concentração plasmática de uréia em vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, vol.33, no.2, p.493-503, 2004.

MURPHY, J.J.; CONNOLLY, J.F.; McNEILL, G.P. Effects on milk fat composition and cow performance of feeding concentrates containing full fat rapessed and maize distillers grains on grass-silage based diets. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.44, p.1-11, 1995.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6 ed. Washington: National Academy Press, 1989. 157p.

NEBEL, R.L.; MCGILLIARD, M.L. Interactions of high yield and reproductive performance in dairy cows. **Journal of Dairy Sciences**, Champaign, v.76, p.3257-3268, 1993.

NOAKES, M.; NESTEL, P.J.; CLIFTON, P.M. Modifying the fatty acid profile of dairy products through feedlot technology lowers plasma cholesterol of humans consuming the products. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.63, n.1, p.42-46, 1996.

OLIVEIRA, M.D.S. de; CÁCERES, D.R. **Torta de girassol**. CECOR/CATI, 2003. Disponível em <[http://www.cati.sp.gov.br/novacati/tecnologias/catiresponde/cr53torta\\_de\\_girassol.htm](http://www.cati.sp.gov.br/novacati/tecnologias/catiresponde/cr53torta_de_girassol.htm)>. Acesso em: 02 set. 2005.

ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradation in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural of Science**, Cambridge, v.92, p.499-503, 1979.

PALMQUIST, D.L.; BEAULIEU, A.D.; BARBANO, D.M. Feeds and animal factors influencing milk fat composition. **Journal of Dairy Sciences**, Champaign, v. 76, p.1763, 1993.

PALMQUIST, D.L.; JENKINS, T.C. Fat in lactation rations: review. **Journal of Dairy Sciences**, Champaign, v.63, p.1-14, 1980.

PARK, C.S. Feeding barley to dairy cattle. **North Dakota Farm Research**, Fargo, v.46, n.2, p.18-19, 1988.

PETIT, H.V.; ROMAINE, R.; D'OLIVEIRA, P.S.; PRADO, I.N. Performance of growing lambs fed silage with raw or extruded soybean or canola seeds. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.77, p.455-463, 1997.

REBELLO, C.A.; TORRES, C.A.A. Efeito da nutrição sobre o desempenho ponderal e a fertilidade de vacas mestiças leiteiras no pós-parto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, n.10, p.1097-1103, 1997.

REKSEN, O.; GRÖHN, Y.T.; HAVREVOLL, O.S.; BOLSTAD, T.; WALDMANN, A.; ROPSTAD, E. Influence of concentrate allocation and energy balance on postpartum ovarian activity in Norwegian cattle. **Journal of Dairy Sciences**, Champaign, v.84, p.1060-1068, 2001.

SALFER, J.A.; LINN, J.G.; OTTERBY, D.E.; HANSEN, W.P.; JOHNSON, D.G. Early lactation responses of holstein cows fed a rumen-inert fat prepartum, postpartum, or both. **Journal of Dairy Sciences**, Champaign, v.78, n.2, p.368-377, 1995.

SANZ SAMPELAYO, M.R.; PÉREZ, L.; MARTÍN ALONSO, J.J.; AMIGO L.; BOZA J. Effects of concentrates with different contents of protected fat rich in PUFAs on the performance lactating Granadina goats. Part II. Milk production and composition. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.2140, p.1-8, 2002.

SCHINGOETHE, D.J.; BROUK, M.J.; LIGHTFIELD, K.D.; BAER, R.J. Lactational responses of dairy cows fed unsaturated fat from extruded soybeans or sunflower seeds. **Journal of Dairy Sciences**, Champaign, v.79, n.7, p.1244-1249, 1996.

SILVEIRA, R.N.; BERCHIELLI, T.T.; FREITAS, D.; SALMAN, A.K.D.; ANDRADE, P.; PIRES, A.V.; FERNANDES, J.J.R. Fermentação e Degradabilidade ruminal em bovinos alimentados com resíduos de mandioca e cana-de-açúcar ensilados com polpa cítrica peletizada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, vol.31, no.2, p.793-801, 2002.

SINGH, B.; NARANG, M.P. Some physico-chemical characteristics of forages and their relationships to digestibility. **Indian Journal of Animal Nutrition**, Karnal, v.8, p.179-186, 1991.

STEPHEN, W.B.; BUTLER, W.R. Energy balance and ovarian follicle development prior to the first ovulation postpartum in dairy cows receiving three levels of dietary fat. **Biology of Reproduction**, Champaign, v.56, p.133-142, 1997.

TACKETT, V.L.; BERTRAND, J.A.; JENKINS, T.C.; PARDUE, F.E.; GRIMES, L.W. Interaction of dietary fat and acid detergent fiber diets of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Sciences**, Champaign, v.79, p.270, 1996.

TSCHISCHKALE, R. Milchviehhaltung in Israel. **Milchpraxis**, Gelsenkirchen, v.34, n.2, p.96-97, 1996.

Van SOEST, D.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994, p. 312-336.

VINCENT, I.C.; HILL, R.; CAMPLING, R.C. A note on the use of rapeseed, sunflower and soyabean meals as protein sources in compound foods for milking cattle. **Animal Production**, Edinburgh, v.50, n.3, p.541-543, 1990.



# GIRASSOL NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS E AVES

Caio Abércio da Silva  
João Waine Pinheiro

## Introdução

Os farelos oriundos das indústrias esmagadoras de oleaginosas constituem as principais fontes protéicas na alimentação de suínos, frangos de corte e galinhas poedeiras. Neste sentido, o farelo de soja representa, pelo seu alto valor nutricional e disponibilidade, o mais importante ingrediente destas rações.

O mercado brasileiro de rações está entre os maiores do mundo. Segundo o Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES), aproximadamente 82% destes alimentos são consumidos pelas cadeias avícolas e suinícolas, projetando para o ano de 2005 um consumo superior a 25 milhões de toneladas de milho e de 8 milhões de toneladas de farelo de soja (Antunes, 2005).

Diante desta demanda e pela expansão de novas culturas agrícolas, tem-se observado nos últimos anos um aumento na oferta de outros produtos da indústria de óleo, destacando-se, entre estes, o farelo de girassol.

Algumas regiões no Brasil, como o Centro-Oeste, têm experimentado um aumento na área cultivada de girassol, que por suas características agrônômicas e nutricionais torna uma interessante alternativa para a indústria de óleo e para as fábricas de ração.

Aproximadamente 40% do grão girassol é constituído pelo óleo (Daghir et al., 1980) que se caracteriza por apresentar alta concentração de ácidos graxos poliinsaturados (Cheva-Isarakul & Tangtaweewipat, 1991). O percentual de casca corresponde a 25%, e o equivalente a 35% à torta, que contém entre 45 a 50% de proteína bruta, que pode ser aproveitada na fabricação de ração animal (Sebastião & Souza, 1998).

Embora existam muitos produtos na cadeia do girassol passíveis de serem utilizados nas rações animais, tradicionalmente as indicações aparecem

sob duas formas, farelo com casca e farelo decorticado (este último menos comum no Brasil).

A utilização direta do grão de girassol na alimentação de suínos e aves não é um procedimento comum, uma vez que o objetivo primário desta cultura é a produção de óleo, um produto de alto valor agregado. Todavia, sob condições mercadológicas específicas ou quando o grão de girassol é inadequado para a produção de óleo, um uso alternativo seria utilizá-lo como ingrediente na ração (Marchello et al., 1984; Hartman et al., 1985).

Para a extração do óleo de girassol, dois processos são classicamente empregados. O método que utiliza hexano como solvente é de escala industrial e se caracteriza pela elevada eficiência, resultando o farelo de girassol, um produto com 1,5% de óleo na matéria seca. Este produto é o principal elemento resultante da industrialização do girassol e o mais disponível no mercado.

O processo mecânico de extração de óleo é menos eficiente. A torta de girassol é um dos produtos resultantes desta extração, possui pouco mais de 20% de proteína bruta e aproximadamente 18% de óleo na matéria seca (Oliveira, 2003), o que o caracteriza como um interessante ingrediente para uso na alimentação animal.

A extração do óleo de girassol, por meio da prensagem mecânica, para a produção de biocombustível, é uma opção econômica para minifúndios, resultando um ingrediente pronto para ser utilizado diretamente na propriedade. San Juan & Villamide (2000) citam que a partir de 1000 g de grãos de girassol, por meio da prensagem mecânica a 80°C, é possível obter 340 g de óleo e 660 g de torta prensada de girassol.

Portanto, verifica-se que existe uma ampla opção para o uso do girassol e de seus produtos na alimentação animal, sendo que a escolha do produto mais adequado está relacionada com as características sócio-econômicas da região, à presença de uma indústria de óleo próxima das áreas produtoras de girassol, às oportunidades de mercado (venda ou utilização direta do grão nas rações), entre outras.

Preservadas estas particularidades, o conhecimento das características nutricionais e potencialidades de cada produto para uso como ingrediente nas rações é fundamental para a otimização dos resultados produtivos e econômicos da suinocultura e da avicultura.

## **Características nutricionais**

### **Grão de girassol**

O uso do grão de girassol triturado como ingrediente para rações de suínos e aves é bastante interessante pela elevada energia e bom nível protéico que apresenta. O grão contém em torno de 38% de óleo, 17% de proteína bruta e 15% de fibra bruta. A energia é fornecida principalmente pelo elevado teor de lipídios, todavia esta é parcialmente reduzida pelo alto conteúdo de fibra proveniente, sobretudo, da casca.

Em um estudo conduzido com frangos de corte visando avaliar o valor nutritivo do grão de girassol, os resultados indicaram níveis de 38,7% de extrato etéreo, 16,9% de proteína bruta, 14,9% de fibra bruta, 3,5% de cinzas, 0,57% de lisina e 0,46% de metionina. A energia metabolizável ( $\text{kcal kg}^{-1}$ ) estimada foi de 3493, 5132 e 5162 para avaliações realizadas nos dias 4, 18 e 35 de idade, respectivamente (Selvaraj & Purushothamn, 2004).

A composição química e os coeficientes de digestibilidade e metabolizabilidade do grão de girassol, obtidos com suínos em fase de crescimento, segundo Silva et al. (2003), estão apresentados na Tabela 1.

A proteína do grão de girassol é deficiente em lisina e as rações de suínos e aves que contém este ingrediente necessitam ser combinadas com ingredientes ricos neste aminoácido ou suplementados com lisina sintética.

Devido ao elevado teor de óleo no grão, deve-se destacar sua qualidade dietética. A presença de ácidos graxos poliinsaturados no óleo atinge valores acima de 85%, correspondendo até a 70% de ácido linoléico. Este perfil influencia consequentemente a composição lipídica da gordura de aves e suínos, valorizando muito a utilização do grão de girassol nas rações.

### **Farelo de girassol**

O farelo de girassol constitui-se no principal produto da extração do óleo. Na literatura existem dados variáveis a respeito da sua composição bromatológica, e isto, entre outros motivos, pode ser atribuído às diferentes formas de processamento dos grãos. Quando o grão possui alto teor de casca, o farelo será mais fibroso, portanto com menor concentração energética. Quando o grão é processado ou descascado (decorticado) dará

**Tabela 1.** Composição química e níveis de energia bruta, digestível e metabolizável, e matéria seca e proteína bruta digestível do grão de girassol e respectivos coeficientes de digestibilidade e metabolizabilidade aparentes (valores expressos na matéria seca).

	Valores	Coeficientes (%)
Umidade (%)	6,23	
Proteína bruta (%)	15,83	
Matéria mineral (%)	2,61	
Extrato etéreo (%)	41,54	
Fibra bruta (%)	33,98	
Cálcio (%)	0,22	
Fósforo (%)	0,64	
Matéria seca digestível (%)	57,60	61,43
Proteína digestível (%)	7,15	45,16
Energia bruta (kcal)	4055	–
Energia digestível (kcal kg <sup>-1</sup> )	3234	79,75
Energia metabolizável (kcal kg <sup>-1</sup> )	3223	99,65

Fonte: Silva et al. (2003).

origem a um farelo com maior valor nutricional. Os dados de Minardi (1969) ilustram bem a influência da casca na composição do farelo de girassol (Tabela 2).

**Tabela 2.** Composição do farelo de girassol obtido de sementes decorticadas e corticada.

Composições	Farelo de sementes	
	Decorticada (%)	Corticada (%)
Umidade	7,5 – 13,8	10,0 – 12,0
Proteína bruta	30,0 – 53,0	20,0 – 30,0
Gordura	0,8 – 13,8	0,8 – 8,0
Fibra	7,0 – 15,0	45,0
Cinzas	4,3 – 7,7	4,0 – 6,0
Fósforo	1,04	0,9
Cálcio	0,043	0,2

Fonte: Minardi (1969).

A variedade genética da planta, o tipo de solo, o clima, tratos culturais, e até mesmo a posição do grão no capítulo, entre outras, são citadas como razões dessa ampla variação composicional do farelo. Deve ser considerado também que o processamento térmico dos grãos para a extração do óleo pode afetar o valor biológico de sua proteína. Dados de Clandinin & Robblee (1950) já demonstravam que a grande amplitude observada no valor nutritivo de diferentes amostras de farelo de girassol era causada pela alta temperatura de processamento térmico dos grãos para extração do óleo. Zhang & Parsons (1994), ao avaliarem os efeitos da temperatura sobre a qualidade protéica do grão de girassol, demonstraram, através da autoclavagem, que o tempo de manutenção do grão sob alta temperatura, exerceu influência nas perdas de aminoácidos do farelo de girassol, principalmente da lisina (Tabela 3).

Experimentos conduzidos pela Embrapa Suínos e Aves (Tabela, 1991) apontam que o farelo de girassol contém 28,54% de proteína bruta, 88,57% de matéria seca, 23,67% de fibra bruta, 1,35% de extrato de etéreo e 5,32%

**Tabela 3.** Efeito do tempo de autoclavagem, à temperatura de 121°C, sobre a percentagem de aminoácidos do farelo de girassol.

Aminoácidos (valores expressos em porcentagem)	Tempo de autoclavagem (minutos)			
	0	30	60	90
Aspártico	3,28	3,20	3,01	3,00
Treonina	1,29	1,25	1,23	1,25
Serina	1,48	1,49	1,25	1,36
Glutâmico	7,21	6,74	6,40	6,50
Prolina	1,64	1,50	1,40	1,47
Glicina	1,87	1,35	1,26	1,22
Valina	1,87	1,67	1,58	1,62
Metionina	0,57	0,56	0,54	0,52
Isoleucina	1,42	1,40	1,37	1,36
Leucina	2,35	2,14	2,03	2,05
Tirosina	0,76	0,73	0,72	0,64
Fenilalanina	1,61	1,52	1,48	1,45
Histidina	0,83	0,75	0,71	0,71
Lisina	1,43	1,04	0,89	0,84
Arginina	2,76	2,61	2,48	2,40

Fonte: Zhang & Parsons (1994).

de matéria mineral, enquanto o National Research Council (1994), referenciando dois tipos de farelo, trata que o farelo com casca contém 32% de proteína bruta, 1543 kcal de energia metabolizável/kg, 90% de matéria seca, 24% de fibra bruta, 1% de lisina e 0,50% de metionina; e o produto sem casca, 45,4% de proteína bruta, 2320 kcal de energia metabolizável/kg, 93% de matéria seca, 12,2% de fibra bruta, 1,24% de lisina e 0,80% de metionina.

Carrão-Panizzi & Mandarinino (1994) observaram pequenas variações na composição bromatológica de um farelo de girassol de elevado nível protéico e baixa fibra comparado com o farelo de outras oleaginosas (Tabela 4).

**Tabela 4.** Composição percentual média do farelo de diferentes oleaginosas (base matéria seca).

Oleaginosas	Composição(%)				
	Proteína	Óleo	Carboidratos	Fibras	Cinzas
Girassol	50,3	3,1	26,7	11,6	8,3
Algodão	46,0	2,3	34,9	12,5	6,8
Colza	44,0	1,1	36,8	10,1	7,8
Amendoim	51,8	1,2	27,7	14,3	4,9
Soja	52,4	1,2	33,8	5,9	6,6

Fonte: Carrão-Panizzi & Mandarinino (1994).

Mandarinino (1992) descreve que a composição aminoacídica do farelo de girassol é relativamente bem balanceada, e embora seja ratificada a deficiência em lisina, o farelo constitui boa fonte de metionina. Neste sentido, o autor registra que a combinação com o farelo de soja é perfeita para rações destinadas à alimentação animal.

Segundo Serley et al. (1974) e National Research Council (1998), os valores de lisina do farelo de girassol variam entre 0,9 e 1,5%, dependendo principalmente da presença da casca. Estes níveis são inferiores aos comumente observados no farelo de soja com 45% de proteína, que apresenta em torno de 2,65 a 2,83% de lisina (Tabela, 1991; National Research Council, 1998).

Os elevados níveis de fibra do farelo de girassol também estão relacionados diretamente com sua baixa energia digestível (Kennelly & Aherne, 1980). Este quadro, a princípio, faz com que o uso do farelo de girassol deva ser limitado, sob risco de penalizar a energia final de uma ração ou

de requerer mais óleo para suplementação desta energia, o que poderá elevar os custos finais da ração.

### **Torta de girassol**

Preservadas algumas pequenas alterações decorrentes do processo de extração do óleo, a torta tem características nutricionais intermediárias entre o grão e o farelo de girassol.

A composição da torta de girassol, expressa na matéria natural, apresentou 7,57% de umidade, 22,19% de proteína bruta, 22,15% de extrato etéreo, 4,68% de matéria mineral, 0,35% de cálcio, 0,70% de fósforo e 23,28% de fibra bruta (Silva et al., 2002b). Os níveis de lisina e metionina da torta foram estimados a partir dos valores presentes no farelo de girassol segundo o National Research Council (1998), corrigida a extração do óleo. Portanto, os valores, com base na matéria seca, foram 0,63% e 0,51%, respectivamente (Silva et al., 2004).

Pela elevada presença de óleo e pelas características relacionadas à concentração de ácidos graxos poliinsaturados (65,30%), a torta pode representar também um importante ingrediente melhorador da relação de ácidos graxos da carne de suínos e aves, e da composição do perfil lipídico do ovo.

Silva et al. (2002b) realizaram um ensaio de digestibilidade com a torta de girassol com suínos e encontraram valores de energia digestível e metabolizável de 3421 e 3247 kcal kg<sup>-1</sup>, respectivamente, indicando ser este um ingrediente de perfil energético equivalente ao do milho, de nível protéico intermediário, mas com elevado nível de fibra bruta.

O caráter artesanal de obtenção da torta, sem critérios de padronização comercial, sob influência também da qualidade variável do grão de girassol a ser prensado, pode resultar em importantes mudanças na composição nutricional da torta, exigindo, com mais frequência, a realização de análises bromatológicas do produto.

### **Fatores antinutricionais no farelo de girassol**

Comumente os farelos de oleaginosas apresentam alguns fatores antinutricionais. O farelo de girassol contém vários compostos fenólicos dos quais mais de 70% corresponde ao ácido clorogênico, que se encon-

tra distribuído tanto na casca quanto no embrião. Esta substância participa de uma série de reações essenciais para a síntese de um grande número de compostos vitais para as plantas. Mandarino (1992), ao tratar da origem, ação e inibição do ácido clorogênico no girassol, não o considerou um composto tóxico. O autor, entretanto, atribuiu que o mesmo é responsável pelo surgimento de coloração estranha na casca dos ovos quando são formuladas rações com altas proporções de farelo de girassol.

Reyes et al. (1985) comentam que o ácido clorogênico é um composto fenólico que após a oxidação química ou enzimática resulta na formação de quinonas altamente reativas que atuam como poderosos oxidantes, determinando reações de escurecimento enzimático de frutas, e sendo responsável pela formação da cor verde que surge durante a preparação de isolados de girassol a partir do farelo desengordurado. Segundo Mandarino (1992), esta coloração esverdeada é decorrente de reações de escurecimento enzimático mediadas pelas enzimas denominadas polifenoloxidasas e cujo substrato é o ácido clorogênico. Comenta ainda o autor que vários métodos e processos tecnológicos têm sido propostos para eliminar ou extrair o ácido clorogênico presente no farelo, e que, dentre estes, pode-se utilizar antioxidantes e outros compostos que inibam reações enzimáticas e processos de difusão em água antes da solubilização da proteína. No entanto, o autor enfatiza que a solução mais satisfatória é o estabelecimento de um programa de melhoramento genético para a obtenção de cultivares com reduzidos níveis deste composto, preservadas as características agrônômicas desejáveis.

Coit et al. (1969) e Rose et al. (1972) relacionaram colorações estranhas na casca dos ovos com o consumo de farelo de girassol. Rose et al. (1972) atribuíram a coloração azulada da casca dos ovos à presença de ácido clorogênico, que em presença de água reagiu quimicamente provocando o surgimento desta cor.

Karunajeewa & Abu-Serewa (1989) relataram que o ácido clorogênico reduz a digestibilidade da proteína da ração e o peso dos ovos. Ibrahim & El Zubeir (1991) verificaram que a presença deste ácido no farelo de girassol inibiu a ação da tripsina em 30%, influenciando a digestibilidade da proteína.

As interações dos compostos fenólicos ou de seus produtos de oxidação com as proteínas causam desde a perda de aminoácidos, desnaturação e precipitação de proteínas, inibição ou ativação de enzimas, até a formação de certos sabores e aromas indesejáveis nos alimentos.

## **Uso do farelo de girassol na alimentação das aves**

Reconhecidamente, a proteína é um dos componentes mais caros da ração de frangos de corte e galinhas poedeiras. Tradicionalmente a principal fonte de proteína e aminoácidos nestas rações é o farelo de soja, contudo tem-se avançado nos estudos de substituição deste ingrediente por outros alimentos, como o farelo de girassol.

Apesar da proteína do farelo de girassol apresentar um bom balanço de aminoácidos e ser relativamente rica em sulfurados, o que é interessante para frangos, é deficiente em lisina. Trabalhos pioneiros demonstraram que pintos de corte alimentados com rações a base de farelo de girassol suplementadas com lisina apresentaram melhor desempenho que aves tratadas com rações sem suplementação (Klain et al., 1956). Resultados semelhantes foram obtidos por Silveira et al. (1967) quando substituíram o farelo de soja em 50 e 100% pelo farelo de girassol em rações de frangos de corte, concluindo que a lisina, e não a metionina, era o principal aminoácido limitante destas rações. Os mesmos autores também registraram preocupação quanto ao aumento do teor de fibra da ração devido a maior inclusão do farelo de girassol, o que contribuiu para um menor ganho de peso e piora na conversão alimentar das aves. Estas primeiras observações permitiram que Rad & Keshavarz (1976) concluíssem que o farelo de girassol pode substituir 50% da proteína do farelo de soja em rações de frangos de corte e que o nível de 100% pode ser utilizado também, desde que se estabeleça uma adequada suplementação de lisina e de uma fonte rica em energia, uma vez que sua energia metabolizável é inferior à energia do farelo de soja.

Zatari & Sell (1990) trabalharam com frangos de corte com idade compreendida entre 1 e 49 dias, alimentados com rações com 10 e 20% de farelo de girassol, mantendo a energia metabolizável destas sem correção, e observaram que para estes níveis não houve alteração no ganho de peso. No entanto, verificaram aumento no consumo das rações, determinado, sobretudo, pela redução da energia metabolizável das mesmas, com consequente piora na eficiência alimentar, que só foi melhorada com a adição de 6% de gordura.

Estes resultados corroboram novamente que dois fatores básicos limitam o uso do farelo de girassol em altas concentrações nas rações dos frangos de corte, a deficiência em lisina e a alta concentração de fibra que leva a uma baixa concentração de energia.

Reconhecidas estas limitações e compreendendo também as constantes

mudanças composicionais do grão e por conseqüência do farelo de girassol, além das progressivas transformações genéticas dos frangos e poedeiras, diversos estudos vêm sendo desenvolvidos com o intuito de otimizar a sua inclusão nas rações de frangos. Neste sentido, Waldroup et al. (1970), Costa (1974), Valdivie et al. (1982) e Zatari & Sell (1990) determinaram que é possível incluir até 20% de farelo de girassol nas rações de frangos, sem a necessidade de suplementação de lisina e de energia, mantendo satisfatórios os índices de desempenho. Por sua vez, Ibrahim & El Zubeir (1991) concluíram que o farelo de girassol pode compor até 30% da ração sem prejuízo aos frangos.

El Sk et al. (1997), trabalhando com frangos de corte dos 18 aos 48 dias de idade, alimentados com rações que continham 20% de farelo de soja, concluíram que a sua substituição total pelo farelo de girassol não afetou o desempenho das aves, a eficiência do uso da proteína, a ingestão de energia metabolizável e a qualidade da carne, e que também, a adição de enzimas não beneficiou as rações com farelo de girassol.

Bett (1999) demonstrou que até 30% da proteína do farelo de soja da ração dos frangos de corte pode ser substituída pela proteína do farelo de girassol com a manutenção do desempenho das aves. Este nível representa 15% de farelo de girassol na ração dos frangos em fase de crescimento e terminação. O autor ressalta ainda que, uma vez obedecido este limite, o melhor nível de inclusão fica exclusivamente na dependência do custo do ingrediente no mercado.

Os diferentes níveis de casca no farelo representam o fiel da balança para a qualidade do produto. Singh & Prasad (1979), trabalhando com a torta de girassol para frangos de corte, atribuíram o valor de 2650 kcal de energia metabolizável/kg para o produto com casca e 2950 kcal de energia metabolizável/kg para o produto decorticado. O National Research Council (1994) determina para o farelo com casca, contendo 24% de fibra bruta, um valor 1543 kcal de energia metabolizável/kg, e para o farelo sem casca, com 12,2% de fibra bruta, o valor de 2320 kcal de energia metabolizável/kg.

Valdivie et al. (1982) demonstraram que o farelo com aproximadamente 18% de fibra pode ser utilizado em rações de frango de corte, não requerendo adição de gordura. Trabalhando com farelo de girassol com 18,4% de fibra bruta, Zatari & Sell (1990), todavia, concluíram que níveis crescentes do ingrediente na ração de frangos de corte, reduziu a concentração energética das dietas. Bett (1999) observou que altas concentrações de fibra na ração reduzem a energia metabolizável e o aproveitamento de

nutrientes, com conseqüente diminuição na taxa de crescimento e piora na eficiência alimentar dos frangos. Relata também que os níveis de substituição do farelo de soja pelo farelo de girassol, acima de 10%, reduzem o coeficiente de metabolização da energia das rações.

Com o objetivo de verificar o desempenho dos frangos de corte alimentados com rações contendo níveis crescentes de farelo de girassol (10, 20, 30, 40 e 50% em substituição à proteína do farelo de soja) em uma ração a base de milho e farelo de soja, Furlan et al. (2001) observaram efeito quadrático positivo dos níveis do farelo de girassol sobre a conversão alimentar, na fase inicial, no consumo de ração e no ganho médio de peso, na fase de crescimento, e no ganho de peso, no período total do experimento (Tabela 5).

Os autores verificaram que em rações isoenergéticas e isoaminoácídicas para metionina mais cistina e lisina digestíveis, a proteína do farelo de soja pode ser substituída pela proteína do farelo de girassol até 30%, o que corresponde a aproximadamente 15% de inclusão de farelo de girassol nas rações de frango de corte.

Pinheiro et al. (2002), trabalhando com quatro níveis de inclusão de farelo do girassol nas rações de frangos de corte (0, 4, 8 e 12%), não observaram diferença entre os tratamentos. Os autores afirmam que pode-se incluir 12% de farelo de girassol nas rações de frangos de corte sem prejuízo para o desempenho produtivo (Tabela 6).

Quanto às galinhas de postura, deve-se primeiramente considerar que uma ração adequadamente balanceada é condição fundamental para que as frangas iniciem o ciclo de produção de ovos com escore corporal ideal, aliado a um baixo custo de criação. Reconhecendo que a ração é responsável por aproximadamente 65% do custo de formação de uma franga, qualquer economia obtida refletirá no custo final da ave.

Normalmente o nutricionista procura também restringir o uso de alimentos fibrosos nas rações das aves de postura devido ao fato de determinarem baixa energia na ração. Contudo, comparadas com frangos de corte, dadas às suas características fisiológicas, as aves de postura são mais tolerantes aos níveis mais elevados de farelo de girassol nas rações. Deaton et al. (1979) verificaram que galinhas que ingeriram rações contendo 8,07% de fibra bruta tiveram desempenho comparável ao de aves alimentadas com 2,55% de fibra.

Michel & Sunde (1985) conduziram dois experimentos com frangas de postura com idade entre a 8ª e a 20ª semana (experimento 1) e com idade

**Tabela 5.** Consumo de ração (g), ganho de peso (g) e conversão alimentar nas fases inicial e de crescimento e período total de acordo com os níveis de substituição da proteína do farelo de soja pela proteína do farelo de girassol em rações de frangos de corte.

Ingredientes	Controle	Níveis de substituição da proteína bruta (%)					CV <sup>1</sup> (%)
		10	20	30	40	50	
Fase inicial (1 a 21 dias).....							
Consumo de ração	1126	1097	1081	1071	1126	1116	3,30
Ganho de peso	757	710*	713*	722	727	720	2,51
Conversão alimentar <sup>2</sup>	1,488	1,547	1,515	1,482	1,549	1,551	2,71
Fase de crescimento (22-42 dias).....							
Consumo de ração <sup>2</sup>	3129	3020*	3072	3112	3104	3029*	1,98
Ganho de peso <sup>2</sup>	1655	1584*	1636	1627	1612	1574*	2,59
Conversão alimentar	1,890	1,907	1,878	1,913	1,926	1,925	1,59
Período total (1 a 42 dias).....							
Consumo de ração	4258	4117	4153	4183	4229	4144	2,01
Ganho de peso <sup>2</sup>	2412	2293*	2349	2350	2339	2294*	2,30
Conversão alimentar	1,764	1,795	1,768	1,780	1,809	1,808	1,53

<sup>1</sup> Coeficiente de variação, <sup>2</sup> Efeito quadrático, \* Diferem pelo teste de Dunnett (P<0,05).  
Fonte: Furlan et al. (2001).

**Tabela 6.** Efeito dos níveis de inclusão do farelo de girassol nas idades compreendidas entre 3 e 21 dias (I1), entre 22 e 35 dias (I2) e entre 36 e 42 dias (I3) sobre o ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte.

Tratamentos	Variáveis		
	GP (g)	CR (g)	CA (g/g)
1 (0% I1, I2 e I3)	2250	4038	1,79
2 (4% I1, I2 e I3)	2224	4058	1,82
3 (8% I1, I2 e I3)	2226	4004	1,80
4 (12% I1, I2 e I3)	2156	4004	1,86
5 (0% I1, 4% I2 e I3)	2195	4057	1,85
6 (0% I1, 8% I2 e I3)	2190	3997	1,83
7 (0% I1, 12% I2 e I3)	2228	4018	1,81
8 (0% I1 e I2 e 4% I3)	2187	3867	1,77
9 (0% I1 e I2 e 8% I3)	2158	3835	1,78
10 (0% I1 e I2 e 12% I3)	2210	3942	1,78
F Tratamentos	NS	NS	NS
Coefficiente de variação (%)	7,10	7,54	2,84

NS - não significativa ( $P>0,05$ ).

Fonte: Pinheiro et al. (2002).

entre a 12<sup>a</sup> até a 20<sup>a</sup> semana (experimento 2), recebendo rações contendo farelo de girassol com alto (34%) e baixo (28%) teor protéico, acrescido ou não de lisina e/ou metionina. O farelo de soja (44% de proteína bruta) foi totalmente substituído pelo farelo de girassol, resultando em rações com 16% de proteína no primeiro experimento e 13,6% de proteína no segundo experimento. O teor de fibra bruta final das rações foi de 5,2 e 8,5%, respectivamente, para as rações com 16 e 13,6% de proteína total. Os autores constataram que, de forma geral, não houve efeito dos diferentes tipos de farelo de girassol, da presença ou não da lisina e da metionina, e tampouco da concentração de fibra nas rações sobre o desenvolvimento das aves, e que devido ao menor preço do farelo de girassol no mercado, quando comparado com o farelo de soja, o custo de formação das frangas com o farelo de girassol foi menor.

Objetivando determinar o melhor nível de inclusão do farelo de girassol na ração de frangas Leghorn, Pinheiro et al. (1999) conduziram um experimento com 720 aves com 6 a 18 semanas de idade, submetidas a 6 rações

experimentais. Foram utilizadas uma ração testemunha (sem a inclusão de farelo de girassol) e rações com 7, 14 e 21% de farelo de girassol e mais dois tratamentos, que corresponderam à inclusão de 14 e 21% de farelo de girassol mais lisina (tornando estas últimas rações isolisínicas em relação a ração testemunha). Os autores concluíram que 21 % de farelo de girassol na ração, sem adição de lisina, pode ser utilizado com sucesso na alimentação dos frangos em crescimento. Em outro experimento, Pinheiro et al. (1998) substituíram a proteína do farelo de soja em 0, 25, 50, 75 e 100% pela proteína do farelo de girassol em rações de frangos com idade entre 10 e 18 semanas. Foi observado que a inclusão da proteína do farelo de girassol proporcionou aumento linear no consumo de ração, queda linear no ganho de peso e no consumo de energia, e piora linear na conversão alimentar, sugerindo que independente do nível de substituição da proteína do farelo de soja pela proteína do farelo de girassol houve comprometimento no desenvolvimento das frangas. Contudo, quando estas aves foram avaliadas na fase inicial de postura (entre 21 a 25 semanas de idade) não foram observados efeitos das rações na fase de cria-recria sobre os seus parâmetros produtivos (Fonseca et al., 1998).

Com galinhas poedeiras, Coit et al. (1969) observaram bom desempenho das aves quando o farelo de girassol substituiu o farelo de soja nas proporções de 50 e 100%, acompanhadas da suplementação de 0,2 e 0,4% de lisina, respectivamente.

Deaton et al. (1979) não encontraram alterações na produção de ovos quando o farelo de soja foi substituído em 100% pelo farelo de girassol, demonstrando desta forma que as galinhas poedeiras suportam altos níveis de fibra na ração. Neste sentido, Vieira et al. (1992) avaliaram a possibilidade do uso de vários níveis de inclusão de farelo de girassol de alta fibra sem lisina suplementar (0, 13, 26 e 39%) e com lisina suplementar (13% de inclusão mais 0,07% de lisina; 26% de inclusão mais 0,15% de lisina e 39% de inclusão mais 0,22% de lisina) e 4 níveis de inclusão sem a associação com a lisina para linhagens semípesadas (0, 13,5; 27 e 40,5%) e quatro níveis associada com a lisina (13,5% de inclusão mais 0,07% de lisina; 27% de inclusão mais 0,14% de lisina e 40,5% de inclusão mais 0,21% de lisina) e observaram que, independentemente da linhagem, os níveis elevados de farelo de girassol proporcionaram aumento no consumo de ração, redução na produção de ovos, com conseqüente piora na conversão alimentar, mas não influenciaram o ganho de peso corporal e o peso dos ovos. Ressalta-se que somente as poedeiras da linhagem leve apresentaram aumento no peso dos ovos quando da adição de lisina nas rações, comparado com a ração com farelo de soja como principal fonte

protéica. Para ambas linhagens, houve redução na energia metabolizável das rações, à medida que se aumentou os níveis de inclusão de farelo. Esta redução não se reverteu com a adição de lisina. Os autores concluíram que o farelo de girassol pode ser utilizado como fonte de proteína para as galinhas poedeiras, mas para as linhagens leves os teores dietéticos de fibra acima de 8,9% na ração (26% de girassol) foram incapazes de proporcionar uma adequada ingestão de nutrientes que permitisse altos níveis de produção de ovos.

Quanto ao uso do grão de girassol para frangos de corte, Selvaraj & Purushothaman (2004), utilizando 5 dietas experimentais isocalóricas e isoprotéicas, a base de milho e farelo de soja, contendo 0, 5, 10, 15, e 20% de inclusão de grão, não observaram efeitos no ganho de peso e no consumo de ração, mas perceberam melhora na conversão alimentar ( $P < 0,05$ ) quando os frangos em fase inicial e final foram alimentados com rações contendo 15 e 20% do produto. Adversamente, houve um aumento no gordura abdominal das aves que receberam rações com 20% de grão de girassol e redução na porcentagem de pele para frangos tratados com rações contendo níveis iguais ou superiores a 10% de grão de girassol.

Olugbemi et al. (2002), trabalhando com inclusões progressivas de grão de girassol em dietas de frangos de corte (0, 10, 20, 30, 40 e 50%), obtiveram, para pintos com idade entre 1 e 4 semanas, melhores resultados de desempenho para rações com 20% de grão de girassol. Somente houve prejuízo no consumo de ração para a inclusão máxima do grão, não obstante os custos de ração por quilograma de peso vivo ganho tenham sido similares entre os tratamentos. Durante a segunda fase experimental (4 a 8 semanas) não houve diferença entre os tratamentos para as características ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar. A melhor relação custo/benefício foi obtida para a inclusão de 30% de grão de girassol. Quanto a avaliação do peso das vísceras e do sangue e do rendimento de carcaça, não foram observadas diferenças entre os tratamentos.

## **Girassol na alimentação de suínos**

Visando otimizar o uso do farelo de girassol na alimentação de suínos, Seerley et al. (1974) obtiveram resultados bastante interessantes substituindo o farelo de soja nas rações. Sem a suplementação de lisina, os resultados com a substituição de 50 ou 100% da proteína da soja nas rações foram negativos para o ganho de peso, entretanto, para 25% de

substituição não foi observada depressão no ganho, porém houve piora na conversão alimentar (3,30 vs 3,61). Suprida a deficiência de lisina, pela suplementação com 0,3% do aminoácido, os resultados de desempenho foram melhorados e as principais características de carcaça apresentaram valores semelhantes para 25 e 50% de substituição da proteína do farelo de soja pela proteína do farelo de girassol.

Stothers et al. (1982), utilizando leitões com 17,0 a 37,5 kg de peso vivo, estabeleceram 3 tratamentos experimentais, correspondendo a uma ração controle a base de farelo de soja como principal fonte protéica e duas rações testes, representadas pela substituição completa do farelo de soja pelo farelo de girassol (42% de proteína bruta), suplementadas com dois níveis de lisina (0,14 e 0,16%). Todas as rações apresentaram-se isocalóricas e continham 16% de proteína bruta. Os resultados indicaram maior consumo para o grupo controle (dieta com farelo de soja), porém, o ganho de peso foi maior para os grupos controle e teste com 0,16% de lisina ( $P < 0.05$ ). Para o ganho de peso e para a conversão alimentar, os resultados para os grupos controle, teste com 0,14% de lisina e teste com 0,16% de lisina, foram, respectivamente, 610g e 2,62; 550g e 2,62; e 590g e 2,52.

Com base nos resultados anteriores, Wetscherek et al. (1993) trabalharam com suínos em terminação, alimentando-os com dietas contendo 0, 9, 18 e 27% de farelo de girassol decorticado em substituição o farelo de soja. Até os 60 kg de peso vivo o desempenho foi reduzido com a inclusão de farelo de girassol sem nenhuma suplementação de lisina. Entre 60 e 100 kg de peso vivo, porém, não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos.

Em um experimento conduzido com 80 suínos cruzados em fase de crescimento (21,5 a 49,1 kg de peso vivo) e terminação (49,1 a 90,3 kg de peso vivo), alimentados com uma ração a base de milho e farelo de soja, suplementado com 0, 5, 10 e 15% de farelo de girassol, Li et al. (2000) observaram que em todo o período experimental houve uma redução progressiva do ganho de peso a medida que o farelo de girassol foi sendo incorporado à ração, mas ocorreu pouca influência negativa sobre a conversão alimentar até o nível de 10% de inclusão. Contudo, em detrimento de preços mais acessíveis do farelo de girassol em relação à soja, o produto constituiu-se ótima alternativa para rações de suínos.

Silva et al. (2002a), trabalhando com 4 níveis de inclusão de farelo de girassol em substituição parcial ao milho e ao farelo de soja, observaram que a inclusão de até 21% de farelo de girassol nas dietas de leitões em

fase de crescimento e terminação, não influenciou ( $P>0,05$ ) as características de desempenho e de carcaça (Tabelas 7 e 8).

Para a utilização do farelo de girassol nas rações de matrizes gestantes, lactantes e para cachaços, deve-se considerar que os fatores limitantes do ingrediente são menos importantes para estas categorias, uma vez que as

**Tabela 7.** Efeito dos diferentes níveis do farelo de girassol sobre o ganho diário de peso (GDP), consumo diário de ração (CDR) e conversão alimentar (CA) para suínos em fase de crescimento e terminação.

Tratamentos	Fatores		
	GDP (g)	CDR (g)	CA
0%	832	2622	3,16
7%	812	2595	3,20
14%	813	2544	3,14
21%	839	2571	3,08
Efeito de regressão	NS	NS	NS
Coefficiente de variação (%)	1,05	8,22	7,69

NS - não significativo

Fonte: Silva et al. (2002a).

**Tabela 8.** Efeito dos diferentes níveis do farelo de girassol sobre a espessura de toucinho (ET), profundidade do músculo (PM), peso da carcaça (PC), rendimento em carne magra (RCC), quantidade de carne magra (QCM) e rendimento de carcaça (RC).

Tratamentos	Fatores					
	ET (mm)	PM (mm)	PC (kg)	RCC (%)	QCM (kg)	RC (%)
0%	17,75	50,91	61,95	53,24	32,89	66,80
7%	18,87	49,00	62,17	52,38	32,45	67,66
14%	16,66	51,66	61,87	54,07	33,34	67,09
21%	17,50	51,92	63,63	53,54	33,84	67,80
Efeito de regressão	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Coefficiente de variação (%)	17,16	13,46	8,23	4,44	6,78	2,26

NS - não significativo

Fonte: Silva et al. (2002a).

exigências nutricionais são sensivelmente menores. Os níveis de proteína e lisina requeridos para porcas em gestação e lactação correspondem a 12,8 e 0,58%; e 16,3 e 0,82%, respectivamente (National Research Council, 1998). Assim, pequenos ajustes são necessários ao utilizar o farelo nas formulações. Com relação a fibra, as matrizes são bastante permissivas aos níveis mais elevados desta fração, contudo a menor energia do produto pode comprometer o consumo de ração principalmente quando em lactação.

Quanto ao uso da torta de girassol proveniente da prensagem mecânica do grão, os trabalhos são escassos. Silva et al. (2004) utilizaram 4 níveis de inclusão (0, 5, 10 e 15%) em substituição parcial ao milho e ao farelo de soja em rações de suínos em fase de crescimento e terminação e observaram que os índices de desempenho e as características de carcaça não sofreram nenhuma influência negativa ( $P > 0,05$ ) para qualquer dos níveis utilizados (Tabela 9 e 10). Quanto aos custos, os autores verificaram que os melhores resultados foram obtidos pela inclusão máxima de 15% de torta de girassol.

Quanto ao grão de girassol, sua inclusão nos níveis de 25 e 50% nas rações de suínos, substituindo parcialmente o farelo de soja e o milho, determinou, segundo Kepler et al. (1981), citados por Marchello et al. (1984), redução nos valores de energia digestível. Contrariamente, Adams & Jensen (1984) não identificaram diferenças na digestibilidade do grão de girassol submetido à extração de gordura e na digestibilidade do grão inteiro para

**Tabela 9.** Efeito dos diferentes níveis de inclusão da torta de girassol sobre o ganho diário de peso (GDP), consumo diário de ração (CDR) e conversão alimentar (CA) para suínos em fase de crescimento e terminação.

Níveis	Fatores		
	GDP (g)	CDR (g)	CA
0%	946	2606	2,75
5%	924	2448	2,64
10%	960	2594	2,70
15%	940	2545	2,73
Efeito da regressão	NS	NS	NS
Coefficiente de variação (%)	5,34	9,71	7,34

NS - não significativo

Fonte: Silva et al. (2004).

**Tabela 10.** Efeito dos diferentes níveis de torta de girassol sobre o peso vivo e as características de carcaça: peso vivo (PV), peso de carcaça (PC), rendimento de carcaça (RC), espessura e toucinho (ET), profundidade do músculo (PM), rendimento de carne magra (RCC), quantidade de carne magra (QCM), comprimento de carcaça (CC) e área de olho de lombo (AL).

Níveis	PV (kg)	PC (kg)	RC (%)	ET (cm)	PM (cm)	RCC (%)	QCM (kg)	CC (cm)	AL (cm <sup>2</sup> )
0%	99,48	78,87	75,11	1,82	5,67	55,11	41,17	93,95	38,79
5%	97,53	73,40	75,17	1,92	5,47	54,36	39,75	93,60	38,75
10%	100,43	75,39	75,07	1,84	5,73	55,05	41,41	94,86	37,80
15%	97,00	72,72	74,86	1,74	5,22	55,08	39,99	93,85	35,67
Efeito da regressão	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Coefficiente de variação (%)	6,81	7,91	2,59	22,87	13,32	4,60	8,46	2,89	14,45

NS - não significativo

Fonte: Silva et al. (2004).

leitões com peso vivo médio de 5,80 kg, indicando como vantagem a facilidade da adição do grão *in natura* na preparação das rações. Adams & Jensen (1985) encontraram para o grão de girassol coeficientes de digestibilidade de 75,6% para a gordura e de 74,5% para a energia.

Quanto aos resultados de desempenho, Hartman et al. (1985) e Wahlstrom (1990) observaram que o mesmo não foi comprometido quando níveis entre 5 a 10% de grãos de girassol foram adicionados às rações de suínos. Os autores também não observaram diferenças na qualidade de carcaça (características qualitativas e composição química da carcaça) dos suínos que receberam dietas com níveis máximos de 10% do grão de girassol.

Silva et al. (2003) ofereceram 4 rações experimentais (a base de milho e farelo de soja) para suínos em fase de crescimento e terminação, contendo 4 níveis de inclusão de grão de girassol, 0% correspondendo ao grupo controle e 5, 10 e 20% de inclusão correspondente aos grupos teste. Os resultados durante o período experimental são apresentados na Tabela 11.

**Tabela 11.** Efeito dos diferentes níveis de inclusão do grão de girassol sobre o ganho diário de peso (gdp), consumo diário de ração (cdr) e conversão alimentar (ca) para suínos em fase de crescimento e terminação.

Níveis	Variáveis		
	GDP (g)	CDR (g)	CA
0%	879	2847	3,24
5%	905	2884	3,19
10%	853	2707	3,17
20%	728	2154	2,96
Efeito	Quadrático	Quadrático	Linear
Coefficiente de variação (%)	11,48	13,13	5,44

Fonte: Silva et al. (2003).

A inclusão de 20% de grão de girassol nas rações (Tabela 11), em substituição parcial ao milho e ao farelo de soja, favoreceu a conversão alimentar (Conversão alimentar =  $3,265 - 0,014X$ ,  $R^2 = 0,92$ ), embora para o ganho diário de peso (CDR) e para o consumo diário de ração (CDR) os melhores valores tenham indicado os níveis de 0 e 5% de inclusão (GDP =  $885,029 + 3,794X - 0,587X^2$ ;  $R^2 = 0,98$ ; e CDR =  $2859,450 + 9,848X -$

2,267X<sup>2</sup>; R<sup>2</sup> = 0,99, respectivamente). Para as características de carcaça, com exceção do peso da carcaça, a inclusão do grão de girassol até 20% nas rações não comprometeu os resultados (Tabela 12).

**Tabela 12.** Efeitos dos diferentes níveis de inclusão do grão de girassol e do sexo sobre a espessura de toucinho (ET), profundidade do músculo (PM), peso da carcaça (PC), porcentagem de carne magra (CM), quantidade de carne magra (QMC) e rendimento de carcaça (RC).

Níveis	Variáveis					
	ET (mm)	PM (mm)	PC (kg)	CM (%)	QCM (kg)	RC (%)
0%	24,67	46,83	76,10	48,17	35,45	76,06
5%	19,83	53,17	77,56	51,28	37,6	75,45
10%	21,17	59,67	70,50	50,48	37,41	74,74
20%	20,17	50,50	62,50	51,36	33,01	74,10
Efeito	NS	Quadrático	Linear	NS	NS	NS
Coefficiente variação (%)	15,83	16,19	10,35	9,92	10,86	2,41

NS - não significativo

Fonte: Silva et al. (2003).

O efeito da regressão dos níveis do grão de girassol foi verificado para as características profundidade do músculo (PM) e peso da carcaça (PC), de acordo com as equações:  $PM = 46,215 + 2,218X - 0,099X^2$  ( $R^2=0,95$ ) e  $PC = 75,303 - 0,464X$  ( $R^2=0,96$ ) (Silva et al., 2003). Valores observados por Marchello et al. (1984) indicaram que inclusões menores que 13% de grão de girassol podem ser adotados, já que não determinam efeitos deletérios na carcaça de animais abatidos aos 102 kg de peso vivo. Hartmam et al. (1985), trabalhando a inclusão de até 20% de grão de girassol, e Wahlstrom (1990), ao incluir 10% de grão de girassol na ração de suínos destinados ao abate, não verificaram mudanças quantitativas e qualitativas significativas nas carcaças destes em relação às carcaças dos animais que receberam dietas isentas desta oleaginosa. Contrariamente, Kapko et al. (1985), ao utilizarem níveis crescentes de grão de girassol na ração de suínos em fase de terminação, observaram maior presença de gordura no músculo *longissimus dorsi*.

O efeito linear decrescente observado para a característica peso da carcaça (Tabela 12) pode ser explicado pelo fato dos pesos apresentados pelos

suínos tratados ao longo das fases de crescimento e terminação terem sido progressivamente piores para os níveis de 10 e 20%.

Preservados os resultados técnicos do uso do grão de girassol na ração de leitões em crescimento e terminação, os melhores índices de custo e de eficiência econômica foram verificados para a inclusão de 20% deste na ração, substituindo parcialmente o milho e o farelo de soja (Silva et al., 2003).

Pesquisas sobre o uso do grão em rações para porcas em gestação e lactação são escassas, todavia as potencialidades nutricionais do produto, como o elevado nível de energia e níveis intermediários de proteína valorizam sua utilização. O alto teor de fibra, neste caso, pode colaborar com a melhora da consistência das fezes de porcas gestantes principalmente.

Quanto aos efeitos qualitativos sobre a carne, a inclusão do grão de girassol na ração de suínos em fase de crescimento e terminação, sob os níveis de 0, 5, 10 e 20% alterou o perfil de ácidos graxos do pernil devido a composição do óleo presente no grão. A porcentagem total de ácidos graxos poliinsaturados (C18:2n-6, C18:2n-4, C18:3n-3, C20:4n-6, C20:3n-3 e C22:6n-3) foi, respectivamente, 32,1; 71,2 e 133,4% mais alta para os níveis de 5, 10 e 20% de inclusão do grão, comparados com o valor encontrado no pernil de suínos alimentados com a ração controle a base de milho e farelo de soja (isenta de grão de girassol) (Zara et al., 2005). Conseqüentemente, os valores de ácidos graxos poliinsaturados (PUFA) aumentaram de 0,32 no grupo controle para 1,11 no grupo tratado com 20% de grão de girassol (um incremento de 247%).

Kepler et al. (1982) salientam que para porcas, os níveis de óleo da ração, quando o grão participa da formulação com 25 a 50%, aumentam o teor de gordura no leite, favorecendo a sobrevivência dos leitões. Problemas relacionados ao consumo, devido à alta inclusão do grão (50% na ração), são temporários e não prejudicam a lactação.

Kepler et al. (1982) demonstraram que a inclusão de 25% de grão nas rações de porcas em gestação e lactação não comprometeu o número e o peso dos leitões ao nascimento e o número e o peso dos leitões ao desmame.

Quanto ao uso do óleo nas rações de suínos, seus efeitos são direcionados ao aumento da participação de ácidos graxos insaturados na carne, devido aos benefícios que estes exercem sobre a saúde humana. O óleo de girassol apresenta excelentes propriedades nutricionais por possuir altas concentrações de ácido linoléico, um ácido poliinsaturado essencial na dieta humana.

Miller et al. (1993) estudaram os efeitos da adição de óleo de girassol na dieta de suínos sobre as características sensoriais relacionadas à cor e ao aspecto da salsicha fresca elaborada partir da carne de suínos alimentados com rações com óleo, e os efeitos sobre a estabilidade do produto durante a estocagem. Os autores não observaram diferenças quando o óleo de girassol foi adicionado na dieta. Contrariamente, Suomi et al. (1993), trabalhando com várias fontes energéticas na dieta de suínos em crescimento, alertaram que, embora a composição de ácidos graxos na dieta tenha grande influência na composição do tecido adiposo, a inclusão de óleos vegetais, como o girassol, sob níveis correspondentes a 36% da energia bruta da dieta, exerce efeitos negativos sobre a consistência da gordura de cobertura.

Em um estudo comparativo dos efeitos da gordura bovina e do óleo de girassol adicionados às rações sobre a composição dos ácidos graxos dos tecidos adiposo e muscular em suínos, Klingenberg et al. (1995) indicaram que o óleo de girassol resultou em aumento na concentração dos ácidos oléico e linoléico no tecido adiposo e reduziu a presença de ácidos graxos saturados, ácido oléico e ácido linoléico no músculo, em relação à dieta formulada com a gordura bovina. Os resultados apontaram que as variações na composição dos ácidos graxos das fontes testadas foram insuficientes para modificar a composição dos ácidos graxos nos tecidos.

Mer et al. (1999) testaram a adição de 2% de óleo de girassol na dieta de suínos com peso vivo compreendido entre 61,5 e 106 kg e observaram que a suplementação não exerceu nenhum efeito negativo na qualidade sensorial e tecnológica da carne, entretanto, foi demonstrado aumento da gordura intramuscular.

## **Considerações finais**

Os produtos da industrialização do girassol, torta e farelo, e o próprio grão são potenciais ingredientes para a produção de rações para suínos e aves. Alguns aspectos no entanto devem ser considerados. Todos apresentam limitação quanto a lisina e comumente, pela elevada presença da casca, têm alto teor de fibra. Ajustadas estas características, os limites de inclusão variam entre ingredientes, espécies e fases da criação, podendo em alguns casos substituir até 100% do farelo de soja. Ainda sob um padrão de qualidade inconstante, a análise regular dos produtos é necessária para o conhecimento real de suas características nutricionais. Preserva-

das essas particularidades, o preço dos produtos da indústria do girassol, via de regra, apresentam-se inferiores ao do farelo de soja, determinando uma relação de custo/benefício mais interessante para o produtor.

## Referências

ADAMS, K.L.; JENSEM, A.H. Comparative utilization of in-seed fats as the respective extracted fats by young pig. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.59, n.6, p.1557-1566, 1984.

ADAMS, K.L.; JENSEM, A.H. Effect of processing on the utilization by Young pigs of the fat in soya beans and sunflowers seeds. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v.12, n.12, p.267-274, 1985.

ANTUNES, R. Acima do esperado. **Suinocultura Industrial**, n.1, p.50-52, 2005.

BETT, C.M. **Utilização do farelo e da semente de girassol na alimentação de frangos de corte**. 1999. 39 f. Tese (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

CARRÃO-PANIZZI, M.C; MANDARINO, J.M.G. **Girassol**: derivados protéicos. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1994. 27p. (Documentos, 74).

CHEVA-ISARAKUL, B.; TANGTAWEEWIPAT, S. Effect of different levels of sunflower seed in broiler rations. **Poultry Science**, Savoy, v.70,11, p.2284-2294, 1991.

CLANDININ, D.R.; ROBBLEE, A.R. The effects of methods of processing on the nutritive value of sunflower meals. **Poultry Science**, Savoy, v.29, n.5, p.753, 1950.

COIT, R.N.; ROSE, R.J.; SELL, J.L. Sunflower seed for laying hens. **Poultry Science**, Savoy, v.48, n.5, p.1976, 1969.

COSTA, C.P. **Influência da lisina nas dietas contendo farelo de girassol para frangos de corte**. 1974. 35 f. Tese (Mestrado) - Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

DAGHIR, N.J.; RAZ, M.A.; UWAYJAN, M. Studies on the utilization of full fat sunflower seed in broiler ration. **Poultry Science**, Savoy, v.59, n.10, p.2273-2278, 1980.

DEATON, J.W.; McNAUGHTON, J.L.; BURDICK, D. High-fibre sunflower meal as a replacement for soybean meal in layer diets. **British Poultry Science**, Abingdon, v.20, n.2, p.159-162, 1979.

EL SK; GERENDAI, D.; GIPPERT, T. Complete substitution of sunflower meal for soybean meal with or without enzyme supplementation in broiler rations. **Archiv fur Geflugelkunde**, Stuttgart, v.61,n.1, p.8-14, 1997.

FONSECA, N.A.N.; PINHEIRO, J.W.; CABRERA, L.; OTUTUMI, L.K.; UENO, P.M. Efecto de la torta de girasol en la alimentacion de las pollas leghornes sobre la producción de huevos. PAN AMERICAN CONGRESS ON VETERINARY SCIENCES, 16., Santa Cruz de La Sierra, 1998. **Proceedings...** Santa Cruz de La Sierra, 1998. p.294.

FURLAN, A.C.; MANTOVANI, C.; MURAKAMI, A.E.; MOREIRA, I.; SCAPINELLO, C.; MARTINS, G. N. Utilização do farelo de girassol na alimentação de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.1, n.30, p.158-164, 2001.

HARTMAN, A.D.; COSTELLO, W.J.; LIBAL, G.W.; WALSTROM, R.C. Effect of sunflower seeds on performance, carcass quality, fatty acids and acceptability of pork. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.60, n.1, p.212-219, 1985.

IBRAHIM, M.A.; EL ZUBEIR, E.A. Higher fibre sunflower meal in broiler chick diets. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.33, n.3-4, p.343-347, 1991.

KARUNAJEEWA, H.; ABU-SEREWA, S. Sunflower seed meal, sunflower oil and full-fat sunflower hulls and kernels for laying hens. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.26,n.1, p.45-54, 1989.

KENNELLY, J.J., AHERNE, F.X. The effect of fiber formulated to contain different levels of energy and protein on digestibility coefficients in swine. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.60, p.717-726, 1980.

KLAIN, G.L.; HILL, D.C.; BRANION, H.D.; GRAY J.A. The value of rapeseed oil meal and sunflower seed oil meal for chicks. **Poultry Science**, Savoy, v.35, n.6, p.1315-1326, 1956.

KLINGENBERG, L.; KNABE, D.A.; SMITH, S.B. Lipid metabolism in pigs fed beef tallow or high-oleic acid sunflower oil. **Comparative Biochemistry and Physiology-B, Biochemistry and Molecular Biology**, New York, v.110, p.183-192, 1995.

LI, D.F.; YI, G.F.; QIAO, S.Y.; ZHENG, C.T.; XU, X.X.; PIAO, X.S.; HAN, I.K.; THACKER, P. Use of Chinese sunflower meal as a nonconventional protein feedstuff for growing-finishing pigs. **Asian Australian Journal of Animal Science**, v.13, n.5, p.666-672, 2000.

MANDARINO, J.M.G. **Características bioquímicas e nutricionais do óleo e do farelo de girassol**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1992. 25p. (Documentos, 52).

MARCHELLO, M.J.; COOK, N.K.; JOHNSON, W.D.; SLANGER, W.D.; COOK, D.K.; DINUSSON, W.E. Carcass quality, digestibility and feed performance of swine fed various levels of sunflower seed. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.58, n.5, p.1203-1210, 1984.

MER, D.; AALHUS, J.L. JERERMIAH, L.E.; KRAMER, J.K.G.; SCHAEFER, A.L. The effects of feeding conjugated linoleic acid on subsequent pork quality. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.79, p.45-51, 1999.

MICHEL, J.N.; SUNDE, M.L. Sunflower meals in pullet developer diets. **Poultry Science**, Savoy, v.64, n.4, p.669-674, 1985.

MILLER, M.F.; AHMED, P.O.; SHACKELFORD, S.D; HAYDON, K.D.; REAGAN, J.O. Effects of feeding diets containing diferent fat supplements to swine on the visual properties on the storage stability of low-fat sausage. **Mest Science**, v.33, p.231-244, 1993.

MINARDI, I. **Estudo sobre a composição bromatológica e coeficiente de digestibilidade do farelo e da torta de girassol**. 1969. 49f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, Piracicaba.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requeriments of swine**. 10 ed. Washington: National Academy Press, 1998. 189 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of poultry**. 9.ed., Washington , 1994. 155p.

OLIVEIRA, M.D.S. Torta da prensagem a frio na alimentação de bovinos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GIRASSOL, 3.; REUNIÃO NACIONAL DE GIRASSOL, 15., 2003, Ribeirão Preto. [**Anais...**]. Campinas: IAC, 2003. 1 CD-ROM

OLUGBEMI, T.S.; ADUKU, A.O.; OGUNDIPE, S.O.; ADE, Y.I.N.; KA, I.A. Evaluation of raw sunflower seed (RSFS) in broiler diets. **Indian Journal of Animal Science**, v.11, n.72, p.1009-1012, 2002.

PINHEIRO, J.W.; FONSECA, N.A.N.; CABRERA, L.; SUGETA, S.M.; OTUTUMI, L.K.; ISHIKAWA, N.M. El uso de torta de girasol en la alimentacion de pollas legornes en crecimiento. PAN AMERICAN CONGRESS ON VETERINARY SCIENCES, 16., Santa Cruz de La Sierra. **Proceedings...** Santa Cruz de La Sierra, 1998, p.294.

PINHEIRO, J.W.; FONSECA, N.A.N.; CABRERA, L.; SUGETA, S.M.; OTUTUMI, L.K.; UENO, P.M. Uso de rações contendo diferentes níveis de farelo de girassol e lisina na alimentação de frangas de postura de 6 a 18 semanas de idade. In: REUNIÃO ANUAL SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999, p.205.

PINHEIRO, J.W.; FONSECA, N.A.N.; SILVA, C.A.; CABRERA, L.; BRUNELLI, F.A.T.; TAKAHASHI, S.E. Farelo de girassol na alimentação de frangos de corte em diferentes fases de desenvolvimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.3, p.1418-1425, 2002.

RAD, F.H.; KESHAVARZ, K. Evaluation of the nutritional value of sunflower meal and the possibility of substitution of sunflower meal for soybean meal in poultry diets. **Poultry Science**, Savoy, v.55, .5, p.1757-1764, 1976.

REYES, F.G.R.; GARIBAY, C.B.; UNGARO, M.R.G.; TOLEDO, M.C.F. **Girassol**: cultura e aspectos químicos, nutricionais e tecnológicos. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 86p.

ROSE, R.J.; COIT, R.N.; SELL, J.L. Sunflower seed meal as replacement for soybean meal protein in laying hens rations. **Poultry Science**, Savoy, v.51, n.3, p.960-967, 1972.

SAN JUAN, L.D.; VILLAMIDE, M.J. Nutritional evaluation of sunflower seed and products derived from them. Effect of oil extraction. **British Poultry Science**, Abingdon, n.41, p.182-192, 2000.

SEBASTIÃO, C.R.; SOUZA, B.A. **A cultura do girassol no Brasil 1998**. [S.l.]: Sementes DINA Dinamilho CAROL, 1998. 41p.

SEERLEY, R.W.; BURDICK, D.; RUSSOM, W.C.; LOWREY, R.S.; McCAMBE, H.C.; AMOS, H.E. Sunflower meal as a replacement for soybean meal in growing swine and rats diets. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.38, n.5, p.947-953, 1974.

SELVARAJ, R.K.; PURUSHOTHAMAN, M.R. Nutritive value of full-fat sunflower seed in broiler diets. **Poultry Science**, Savoy, v.3, n.83, p.441-446, 2004.

SILVA, C.A.; PINHEIRO, J.W.; COSTA, M.C.R.; BRIDI, A.M.; BELLE, J.C.; AGOSTINI, P.S. Utilização do torta de girassol na alimentação de suínos em fases de crescimento e terminação: efeitos no desempenho e nas características de carcaça. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SUINOCULTURA, 2., 2004, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Animalworld, 2004. p.247

SILVA, C.A.; PINHEIRO, J.W.; FONSECA, N.A.F.; CABRERA, L.; HOSHI, E.E.; SARUBBI, J.; COSTA, M.C.R.; PACHECO, G.D.; HIDESHIMA, C.S. Grão de girassol na alimentação de suínos em crescimento e terminação: digestibilidade, desempenho e efeitos na qualidade de carcaça. **Semina: Ciências Agrárias**, v.24, n.1, p.93-102, 2003.

SILVA, C.A.; PINHEIRO, J.W.; FONSECA, N.A.F.; CABRERA, L.; NOVO, V.C.C.; SILVA, M.A.A.; CANTERI, R.C.; HOSHI, E.H. Farelo de girassol na

alimentação de suínos em crescimento e terminação: digestibilidade, desempenho e efeitos na qualidade de carcaça. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.2, p.982-990, 2002a.

SILVA, C.A.; PINHEIRO, J.W.; FONSECA, N.A.F.; CABRERA, L.; SARUBBI, J.; COSTA, M.C.R.; PACHECO, G.D.; TELLES, H.; HIDESHIMA, C.S.; MOURINHO, F.L.; BOROSKY, J.C. Digestibilidade da torta de girassol para suínos na fase de crescimento. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SUINOCULTURA, 1., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2002b. p.219-220. (CD ROM).

SILVEIRA, J.; VELLOSO, L.; BECKER, M.N., YAMAMOTO, M., MELLOR, D.B. Farelo de girassol em substituição ao farelo de soja em rações de pintos. **Boletim da Indústria Animal**, v.24, n.1, p.129-138, 1967.

SINGH, K.S.; PRASAD, C.M. Feeding value of sunflower and ground-nut cakes for broilers. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.4, n.2, p.143-159, 1979.

STOTHERS, S.C.; FROESE, C.F. Performance of growing-pigs fed sunflower meal. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.62, p.1269, 1982.

SUOMI, K.; ALAVIUKKOLA, T.; VALAJA, J. Effects of milk fat, unhydrogenated and partially hydrogenated vegetable oils on fat metabolism of growing pigs. **Agricultural and Food Science in Finland**, Helsinki, v.2, p.7-13, 1993.

**TABELA de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves.** 3.ed. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1991. 97p. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 19).

VALDIVIE, M.; SARDINAS, O.; GARCIA, J.A. The utilization of 20% sunflower seed meal in broiler diets. Cuban. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.16, n.2, p.167-171, 1982.

VIEIRA, S.L.; PENZ, A.M.; LEBOUTE, E.M. A nutritional evaluation of high fiber sunflower meal. **The Journal of Applied Poultry Research**, Savoy, v.1, p.4, p.382-388, 1992.

WAHLSTROM, R.C. Sunflowers seeds. In: THACKER, P.A., KIRKWOOD, R.N. **Nontraditional feed sources for use in swine production**. Boston: Butterworths, 1990. p. 473-480.

WALDROUP, P.W.; HILLARD, C.M.; MITCHELL, R.J. Sunflower meal as a protein supplement for broiler diets. **Feedstuffs**, Carol Stream, v.42, p.43, p.41, 1970.

WETSCHEREK, W., LETTER, F., KNAUS, W. Use of dehulled sunflower meal in diet for pig fattening. **Bodenkultur**, Wien, v.44, p.1, p.89-97, 1993.

ZARA, R.F.; SILVA, W.A.; VIANNA FILHO, E.A.; SILVA, C.A.; VISENTAINER, J.V.; MATSUSHITA, M.; SOUZA, N.E. Effect of sunflower seed on fatty acid profiles in pork ham. **Journal of Animal Veterinary Advances**, Faisalabad, v.4, n.2, p.282-286, 2005.

ZATARI, I.M.; SELL, J.L. Sunflower meal as component of fat-supplemented diets for broiler chickens. **Poultry Science**, Savoy, v.69, n.9, p.1503-1507, 1990.

ZHANG, Y.; PARSONS, C.M. Effects of over processing on the nutritional quality of sunflower meal. **Poultry Science**, Savoy, v.73, n.3, p.436-442, 1994.



# 7

## SILAGEM DE GIRASSOL COMO OPÇÃO FORRAGEIRA

Lúcio Carlos Gonçalves  
Luiz Gustavo Ribeiro Pereira  
Thierry Ribeiro Tomich  
José Avelino Santos Rodrigues

### **Introdução**

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma dicotiledônea anual adaptada aos climas temperado, tropical e subtropical. O menor ciclo de produção, a capacidade em utilizar a água disponível no solo e a tolerância a ampla faixa de temperaturas são fatores que têm estimulado o cultivo do girassol para a produção de silagem. Em regra, indica-se a semeadura do girassol para ensilagem após a colheita da cultura principal, em período de safrinha, ou em locais onde a deficiência hídrica torna inviáveis culturas tradicionalmente utilizadas para esse propósito, como milho e sorgo.

Quando a ensilagem é conduzida de forma adequada, o girassol produz silagens com fermentação apropriada à conservação da forragem estocada. Geralmente, a silagem de girassol contém alto teor protéico e, devido ao elevado teor de óleo, também possui alto valor energético. Contudo, a fração fibrosa geralmente apresenta maior proporção de lignina e menor digestibilidade, quando comparada às silagens de milho e de sorgo, características que podem restringir a aplicação da silagem de girassol para as categorias de animais mais exigentes.

Existe grande carência por informações sobre a silagem de girassol. Serão descritas neste capítulo as principais informações científicas, nacionais e internacionais, relacionadas à produção e à utilização da silagem dessa oleaginosa.

### **Local e época de semeadura para produção e silagem de girassol**

O local e a época de semeadura do girassol para ensilagem seguem as

mesmas recomendações observadas para implantação da lavoura destinada à produção de grãos. Atualmente, a cultura do girassol é indicada para os Estados da Região Sul, Minas Gerais e São Paulo na Região Sudeste, todos os estados do Centro-Oeste, Bahia, Maranhão e Piauí no Nordeste.

A época ideal é aquela que permite satisfazer as exigências climáticas da planta nas diferentes fases de desenvolvimento, reduzir os riscos de eventuais problemas com pragas e doenças e, dessa forma, assegurar uma boa colheita. Além disso, deve-se levar em consideração o enquadramento da produção da silagem de girassol nos sistemas de rotação e sucessão de culturas, aumentando a capacidade de aproveitamento do terreno e da estrutura disponível para produção e armazenamento. Nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e parte do Paraná, o período mais indicado para a semeadura vai de meados de julho ao final de agosto. Nos Estados da Bahia, Distrito Federal, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Tocantins, norte e noroeste do Paraná, a melhor época para semeadura vai de meados de janeiro até fevereiro.

Os tratos culturais no cultivo de girassol para produção de silagem são semelhantes aos adotados para a produção de grãos.

## **Rendimento forrageiro**

Na maioria das situações, a redução do rendimento forrageiro, que ocorre sob condições de estresse hídrico, promove elevação significativa no custo da silagem produzida com as culturas tradicionais. Por esse motivo, a principal característica que tem motivado o cultivo do girassol para a produção de silagem é o seu bom desempenho produtivo sob baixa pluviosidade.

Existem relatos de produtividade de forragem verde de girassol que alcançaram 70 t ha<sup>-1</sup>. Contudo, para a maioria das situações, as produtividades médias no período de safrinha são próximas a 30 t ha<sup>-1</sup>. A variabilidade genética e o estágio de desenvolvimento da planta são fatores que influenciam a produtividade e devem ser levados em consideração.

Estudo conduzido na Escola de Veterinária da UFMG e Embrapa Milho e Sorgo evidenciou efeito significativo do genótipo sobre o rendimento de forragem de 13 cultivares de girassol cultivados durante a safrinha (Tomich et al., 2003b). Nesse trabalho, foram notadas produtividades de matéria

**Tabela 1.** Produção de matéria verde e de matéria seca de cultivares de girassol.

Cultivar	Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )	
	Matéria verde	Matéria seca
AS243	26,3 AB	7,0 AB
AS603	23,9 ABC	5,8 ABC
Cargill 11	12,8 E	4,7 CD
Contiflor 3	26,4 AB	6,8 ABC
Contilfor 7	15,6 DE	6,0 ABC
DK180	19,2 BCDE	5,3 BCD
M734	22,1 ABCD	6,4 ABC
M737	29,1 A	6,7 ABC
M738	17,9 CDE	5,6 ABC
M742	24,7 ABC	6,5 ABC
Rumbosol 90	15,9 DE	5,2 BCD
Rumbosol 91	29,1 A	7,7 A
V2000	12,8 E	3,6 D
Média	21,2	5,9

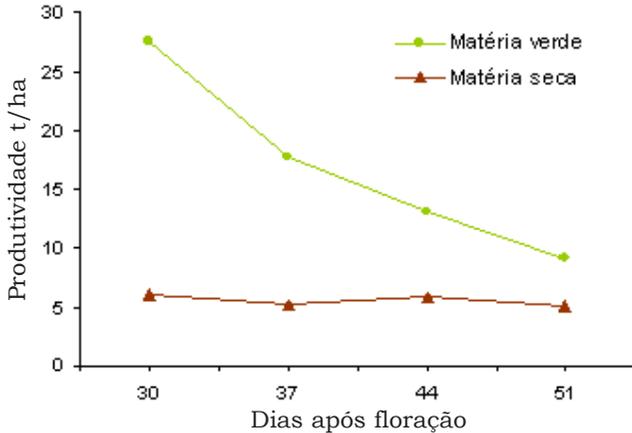
Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

Fonte: adaptado de Tomich et al. (2003b).

verde variando entre 12,8 t ha<sup>-1</sup> a 29,1 t ha<sup>-1</sup> e produtividades de matéria seca de 3,6 t ha<sup>-1</sup> a 7,7 t ha<sup>-1</sup> (Tabela 1). Deve-se ressaltar que os autores consideraram que as produtividades alcançadas nesse estudo foram limitadas pela baixa média da população de plantas por ocasião da colheita, que foi de 34.407 plantas ha<sup>-1</sup>.

Quanto ao efeito da época de corte sobre a produtividade, Pereira (2003), ao avaliar a produtividade de quatro cultivares de girassol, notaram a redução progressiva na produção média de matéria verde de 27,5 t ha<sup>-1</sup>, 17,7 t ha<sup>-1</sup>, 13,1 t ha<sup>-1</sup> até 9,2 t ha<sup>-1</sup>, à medida que a colheita foi efetuada aos 30, 37, 44 e 51 dias após o florescimento, respectivamente. Contudo, a produção de matéria seca não foi significativamente afetada pelo avanço no estágio de maturação da planta, que se manteve entre 5,12 t ha<sup>-1</sup> a 6,08 t ha<sup>-1</sup> para as mesmas idades de corte (Fig. 1).

Rezende et al. (2002), avaliando dois híbridos e uma variedade de girassol, notaram redução na produção média de matéria seca para o corte efetua-



**Fig. 1.** Produção de forragem de girassol para cortes efetuados aos 30, 37, 44 e 51 dias após o florescimento.

Fonte: adaptado de Pereira (2003).

do aos 125 dias após a semeadura, em relação aos rendimentos obtidos aos 95 e 110 dias após a semeadura, que apresentaram produtividade de 7,86, 7,21 e 6,00 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

## Ponto de ensilagem do girassol

O baixo teor de matéria seca é considerado uma das desvantagens da cultura do girassol e tem sido um fator limitante na produção de sua silagem. Os dados nacionais sobre avaliações de silagens de girassol apresentam valores médios de 24,1% de matéria seca, abaixo dos 30-35% preconizados para produção de silagens de boa qualidade, e atribuídos ao fato da planta acumular muita umidade na haste e receptáculo floral, mesmo em estádios avançados de desenvolvimento.

Várias épocas de ensilagem são indicadas. Morrison (1966) relatou a possibilidade do girassol ser ensilado quando metade ou dois terços das plantas estiverem em florescimento, enquanto Schuster (1955) indicou a ensilagem durante toda a floração, no entanto Cotte (1959) considera que o girassol pode ser ensilado no final da floração. Tosi et al. (1975) encontraram bons resultados quando realizaram cortes com os capítulos apresentando coloração verde-amarela na face dorsal e com sementes diferenciadas e bem formadas. Gonçalves et al. (2000) recomenda colheitas com

a planta apresentando 100% dos grãos maduros, brácteas amarelas a castanhas e folhas murchas ou secas.

As recomendações de época de ensilagem da cultura do girassol são controversas e são poucos os estudos que realizaram a ensilagem em estádios mais avançados de maturação. Estudos que avaliem diferentes épocas de ensilagem (incluindo estádios mais avançados de maturação) poderão ser importantes, pois serão capazes de estabelecer o momento em que a cultura apresentará uma ótima relação entre produção de matéria seca e valor nutritivo.

Harper et al. (1981) avaliaram a composição química e a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica da planta do girassol em doze semanas consecutivas após a floração, notando aumento no conteúdo de fibra bruta (20,8% a 33,0% para a primeira e última semana de corte, respectivamente) e redução significativa na digestibilidade (76,6% a 56,9% para a primeira e última semana de corte, respectivamente). Rezende et al. (2002), avaliou três genótipos de girassol ensilados com 95, 110 e 125 dias de idade e observou que os genótipos só atingiram os teores de matéria seca (MS) recomendados para ensilagem (30%-35%) com idade de 125 dias, porém o avanço da idade causou um aumento nos conteúdos de fibra detergente neutro (FDN) e redução nos valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca - DIVMS (95 dias = 62,9%; 110 dias = 56,1%; e 125 dias = 49,4%). Souza (2002), avaliando as silagens de quatro genótipos de girassol colhidos com 90, 97, 104, 111 e 118 dias, também observou que os teores de MS adequados para ensilagem só foram atingidos em estádios avançados de maturação (mais de 111 dias de idade), que os conteúdos de FDN e FDA aumentaram e que os valores de DIVMS diminuíram com o avanço da maturidade das plantas.

Edwards et al. (1978) avaliaram o girassol ensilado em doze estádios de crescimento e concluíram que mesmo em estádios precoces, com baixo conteúdo de MS, foram obtidas silagens com fermentação predominantemente láctica, conferindo uma preservação satisfatória do material originalmente ensilado. Freire (2001) e Porto (2002) encontraram bons perfis de fermentação das silagens de girassol, mesmo trabalhando com materiais com baixo conteúdo de MS (23,6% e 19,7%, respectivamente), mostrando o potencial de conservação do girassol nestas condições. Porém, as perdas de efluentes de materiais com menos de 25% de MS devem ser consideradas (McDonald et al., 1991). Outro problema que pode ser observado com silagens apresentando baixos conteúdos de MS é uma possível diminuição no consumo.

Apesar do baixo conteúdo de matéria seca, Pereira (2003) observou bons perfis de fermentação durante o processo de ensilagem do girassol, comprovando o potencial de conservação nessa forma. Este mesmo autor, ao avaliar quatro genótipos de girassol em diferentes épocas após a floração, relatou o aumento das frações fibrosas e a diminuição na digestibilidade e na cinética de degradação com o avançar do estágio de maturação das plantas, o que sugere a ensilagem da cultura do girassol em estádios mais precoces.

São necessários estudos que avaliem o consumo, a digestibilidade e o desempenho de animais alimentados com silagens obtidas em diferentes estádios de maturação. Estes são escassos na literatura e importantes para estabelecer o ponto ideal de ensilagem. É preciso elucidar se o ideal é ensilar o material com teor de MS entre 30-35% (valores preconizados para a obtenção de silagens de boa qualidade) ou a obtenção de silagens de plantas cortadas em estádios mais precoces. Ainda não há um consenso se estas silagens têm boa aceitação pelos animais e são capazes de imprimir bons desempenhos nos mesmos.

## **Qualidade da silagem de girassol**

A adequação de uma planta para a ensilagem está relacionada à sua eficiência de fermentação para conservar o valor nutritivo da silagem o mais próximo possível do valor da forragem verde. Conforme Tomich et al. (2003a), entre as variáveis utilizadas para avaliar a eficiência da fermentação de silagens destacam-se o teor de matéria seca, o pH e os teores de nitrogênio amoniacal e de ácidos orgânicos.

O teor de matéria seca é uma variável importante no processo da ensilagem, porque está relacionado à ação de microrganismos deletérios à qualidade do material ensilado, à produção de efluentes e à redução do consumo voluntário, freqüentemente notadas em silagens com baixo conteúdo de matéria seca. Por outro lado, as silagens muito secas favorecem a ocorrência de danos por aquecimento e mofo, devido à dificuldade de compactação. Por esses motivos, tem-se recomendado ensilar forragens que apresentam entre 30% e 35% de matéria seca. O baixo teor de matéria seca é considerado um problema para a produção da silagem de girassol, mas esse fato está relacionado à ensilagem em períodos precoces de desenvolvimento da planta. Silagens de girassol com mais altos teores de matéria seca são produzidas quando a colheita é efetuada no período de

maturação fisiológica dos aquênios (Gonçalves & Tomich, 1999). Contudo, objetivando a obtenção de uma forragem de melhor qualidade, estudos têm apontado que o conteúdo de matéria seca adequado para ensilagem do girassol pode situar-se abaixo dos 30% normalmente recomendados para as silagens tradicionais (Rezende et al., 2002; Pereira, 2003).

A conservação pela ensilagem baseia-se no processo de conservação em ácido, onde o decréscimo do pH pela fermentação limita a ocorrência de processos que promovem a deterioração da forragem. De maneira geral, têm-se atribuído pH entre 3,8 a 4,2 como adequados às silagens bem conservadas. Entretanto, o pH apropriado para promover a eficiente conservação da forragem ensilada depende do conteúdo de umidade da silagem. Portanto, para a avaliação do processo fermentativo, o pH não deve ser tomado isoladamente, mas deve ser associado ao teor de matéria seca da forragem. As silagens de girassol, geralmente, apresentam valores elevados de pH. Todavia, Tomich et al. (2004), avaliando as silagens de 13 cultivares, observaram que o valor de pH foi positivamente correlacionado com o conteúdo de matéria seca, indicando que as silagens mais úmidas apresentaram pH mais baixos. O resultado obtido por Tomich et al. (2004) também revelou que o girassol, geralmente, apresenta redução de pH adequada à conservação da forragem estocada.

O conteúdo de nitrogênio amoniacal da silagem reflete a ação deletéria de enzimas da planta e de microrganismos sobre a fração protéica da forragem. Em geral, considera-se que teores máximos de nitrogênio amoniacal por volta de 10% são adequados para silagens bem conservadas. Como um dos aspectos positivos da silagem de girassol é o seu mais elevado conteúdo de proteína em relação às silagens de milho e de sorgo, a conservação da qualidade dessa proteína durante a estocagem no silo é fundamental para se beneficiar dessa característica. Em relação à qualidade da fermentação, a maior parte dos estudos tem observado conteúdo de nitrogênio amoniacal abaixo de 10% em silagens de girassol (Valdez et al., 1988a; Valdez et al., 1988b; Tomich et al., 2004), indicando a aptidão da planta para a ensilagem quanto à conservação da qualidade da fração protéica.

Quanto ao conteúdo de ácidos orgânicos, o de ácido láctico é freqüentemente utilizado como indicador de qualidade da fermentação, mas a quantidade necessária desse ácido para reduzir rapidamente o pH e inibir os processos que promovem a deterioração do material ensilado, varia com a capacidade de tamponamento da forragem e com o teor de umidade da massa ensilada. Alguns estudos mostraram que embora a silagem de girassol

apresente altas proporções de ácido láctico (Tosi et al., 1975; Tomich et al. 2004), a capacidade de tamponamento da planta não permite redução do pH aos níveis freqüentemente observados para as silagens de milho e de sorgo. Já o conteúdo de ácido acético está relacionado a menores taxas de decréscimo e pH elevado das silagens. Assim, silagens bem conservadas devem apresentar reduzido conteúdo desse ácido.

Existem poucos trabalhos que avaliaram a concentração de ácido acético em silagem de girassol (Sneddon et al., 1981; Almeida et al., 1995; Pereira, 2003; Tomich et al. 2004) e, de maneira geral, foram observadas baixas concentrações, indicando que as silagens de girassol, geralmente, são bem conservadas.

O conteúdo de ácido butírico reflete a extensão da atividade clostridiana sobre a forragem ensilada e também está relacionado a menores taxas de decréscimo e elevado pH final das silagens. O conteúdo desse ácido pode ser considerado um dos principais indicadores negativos da qualidade do processo fermentativo. Também corresponde a perdas acentuadas de matéria seca e energia da forragem original durante a fermentação e, freqüentemente, o conteúdo de ácido butírico é positivamente correlacionado à redução da palatabilidade e do consumo da forragem. Vários estudos mostraram baixos valores de ácido butírico em silagens de girassol (Tosi et al., 1975; Valdez et al., 1988a; Almeida et al., 1995; Pereira, 2003; Tomich et al., 2004), apontando que essa não é uma característica capaz de restringir a adequação da planta para a sua conservação na forma ensilada.

Considerando as variáveis expostas, pode-se avaliar que quando a ensilagem do girassol é conduzida de forma apropriada, tem-se produzido silagens com fermentação adequada à conservação da forragem estocada. O estudo realizado por Tomich et al. (2004) com 13 cultivares revelou que, em média, as silagens de girassol apresentam as características de silagens bem conservadas, sem perdas significativas de matéria seca e de energia e com pequenas alterações da fração protéica da forragem conservada em relação à forragem verde (Tabela 2).

## **Valor nutritivo da silagem de girassol**

As silagens de girassol apresentam, em regra, mais elevados conteúdos de proteína, de minerais e de extrato etéreo (óleo) que as silagens de milho, de sorgo ou de capim-elefante (Tabela 3).

**Tabela 2.** Teores de matéria seca (MS), pH e conteúdos de nitrogênio amoniacal com porcentagem do nitrogênio total (N-NH<sub>3</sub>/NT) e de ácidos orgânicos das silagens de 13 cultivares de girassol.

Cultivar	MS (%)	pH	N-NH <sub>3</sub> /NT	Ácidos orgânicos (% MS)		
				Lático	Acético	Butírico
AS243	21,7 E	4,5 C	10,0 B	7,8 C	2,5 A	0,00 E
AS603	21,9 E	4,4 C	8,0 CDE	9,7 B	1,9 AB	0,00 E
Cargill 11	32,2 A	5,5 A	9,2 BC	5,0 D	1,7 B	0,08 CD
Contiflor 3	23,0 D	4,5 C	8,1 CD	8,4 BC	2,2 AB	0,00 E
Contiflor 7	31,2 A	5,3 B	8,3 CD	2,8 E	2,3 AB	0,00 E
DK180	26,0 BC	4,5 C	6,8 E	7,9 C	1,5 B	0,05 DE
M734	26,3 BC	4,5 C	7,3 DE	5,5 D	1,5 B	0,00 E
M737	19,6 F	4,1 D	8,5 CD	12,0 A	2,0 AB	0,00 E
M738	27,2 B	4,5 C	7,5 DE	7,4 C	1,7 AB	0,09 C
M742	23,5 D	4,4 C	9,0 BC	7,5 C	1,5 B	0,00 E
Rumbosol 90	26,8 BC	5,2 B	10,1 B	4,6 D	1,9 AB	0,23 B
Rumbosol 91	23,5 D	4,1 D	5,9 F	9,0 C	1,8 AB	0,00 E
V2000	25,8 C	5,2 B	14,6 A	5,3 D	2,5 A	0,28 A
Média	25,3	4,7	8,7	7,1	1,9	0,06

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem pelo teste SNK (p<0,05).

Fonte: adaptado de Tomich et al. (2004).

**Tabela 3.** Composição química de silagens.

Silagem	Composição expressa como porcentagem da matéria seca						
	Proteína bruta*	Extrato etéreo*	FDN*	FDA*	Lignina*	Cálcio**	Fósforo**
Girassol	9,0	13,7	47,1	35,9	6,6	1,56	0,29
Milho	7,3	3,0	55,7	30,1	4,9	0,30	0,19
Sorgo	7,0	2,2	61,7	34,6	6,3	0,23	0,18
Capim-elefante	5,7	2,8	76,9	53,6	9,4	0,38	0,08

\* Fonte: Valadares Filho et al. (2002).

\*\* Fonte: Valdez et al. (1988b); Valadares Filho et al. (2002).

Quando usadas em dietas balanceadas, os mais altos conteúdos protéico e mineral podem representar uma vantagem econômica para as silagens de girassol em relação às demais, porque, uma vez que o nutriente é suprido aos animais pelo volumoso, a necessidade de suplementação é reduzida. Por outro lado, embora as silagens de girassol geralmente apresentem menor conteúdo de fibra em detergente neutro que as silagens tradicionais, a silagem de girassol contém alta proporção de fibra em detergente ácido e de lignina, capaz de restringir a digestibilidade dessa fração fibrosa.

Estima-se que os coeficientes de digestibilidade da matéria seca relativamente baixos observados para silagens de girassol possam ser atribuídos à menor digestibilidade da sua fração fibrosa. Essa afirmação foi ratificada pelo estudo de Carneiro et al. (2002), que obtiveram menor digestibilidade efetiva da fibra em detergente neutro da silagem de girassol em relação às silagens de milho e de sorgo e também pelo experimento de Bueno et al. (2001), que observaram menor digestibilidade da fibra em detergente neutro da silagem de girassol comparada à silagem de milho. Apesar disso, desde que a dieta seja adequadamente balanceada, o menor aproveitamento da energia disponível na fração fibrosa pode, de certa forma, ser compensado pelo mais alto conteúdo de óleo observado nas silagens de girassol, que é um componente altamente energético.

Tanto os girassóis selecionados para a produção de óleo, que geralmente apresentam entre 35% a 45% de óleo no grão, quanto as variedades chamadas de confeiteiras (25%-30% de óleo no grão), têm sido utilizadas para a produção de silagem. Dados americanos revelaram que as silagens das variedades confeiteiras apresentaram cerca de 3% de extrato etéreo (Schingoethe et al., 1980), enquanto as silagens produzidas com girassóis

de semente oleosa geralmente apresentam mais de 10% de extrato etéreo (Valdez et al., 1988a; Valdez et al. 1988b; Tomich et al., 2004). No Brasil, Jayme (2003) avaliou as silagens de seis genótipos de girassol, sendo três híbridos confeiteiros e os demais destinados a produção de óleo. As composições químicas médias das silagens para os dois tipos de girassóis avaliados encontram-se na Tabela 4. As silagens obtidas com os dois tipos de girassóis apresentaram valores próximos de proteína bruta, FDN e lignina. Os conteúdos de extrato etéreo para os dois tipos de silagens foram superiores a 10% e as silagens obtidas com híbridos destinadas a produção de óleo apresentaram 2% a mais que as silagens dos materiais confeiteiros. Este pesquisador concluiu que os seis genótipos avaliados apresentam potencial para serem utilizados na forma de silagem.

**Tabela 4.** Composição química das silagens de girassóis confeiteiros ou selecionados para a produção de óleo.

Parâmetros*	Confeiteiro**	Produção de óleo***
Proteína bruta	9,1	8,8
Extrato etéreo	10,9	12,9
FDN	47,7	48,0
Lignina	7,8	7,8

\*Valores médios de três genótipos; \*\*Mycogen 93338, Victoria 627 e Victoria 807; \*\*\* V2000, M742 e IAC Uruguai

Fonte: adaptado de Jayme (2003).

A maior parte das sementes disponíveis no mercado nacional é de girassóis destinados à produção de óleo e, por esse motivo, as análises das silagens de girassol produzidas no País têm revelado alta proporção de extrato etéreo, na maioria das situações. Esse alto teor de óleo na silagem de girassol pode representar um fator limitante para o seu uso como volumoso único na dieta de ruminantes e indica a possível necessidade de associação com outros alimentos volumosos, uma vez que dietas contendo mais de 7% de extrato etéreo podem estar relacionadas às reduções da fermentação ruminal, da digestibilidade da fibra e da taxa de passagem. Portanto, recomenda-se que as dietas contendo silagem de girassol sejam adequadamente balanceadas para se evitar perdas no aproveitamento dos alimentos e no desempenho dos animais.

Independente do tipo de girassol, os genótipos mais apropriados para a ensilagem são aqueles que apresentam alta produtividade de forragem, fer-

mentação conveniente para a conservação do material estocado e, principalmente, bom valor nutritivo da forragem produzida. Vários estudos mostraram que essas características diferem entre cultivares. Em relação ao valor nutritivo, Tomich et al. (2004) observaram variações significativas nos conteúdos de proteína, extrato etéreo, componentes da parede celular e no coeficiente de digestibilidade *in vitro* das silagens de 13 genótipos de girassol ensilados quando apresentavam mais de 90% de grãos maduros (Tabela 5).

Outro fator que é capaz de influenciar significativamente alguns componentes bromatológicos e a digestibilidade das silagens de girassol é o estágio de desenvolvimento da planta. Rezende et al. (2002) e Pereira (2003) observaram poucas alterações nos teores de proteína bruta das silagens com o avanço do estágio de desenvolvimento das plantas, mas notaram aumento do conteúdo de fibra e redução da digestibilidade da matéria seca nas silagens de girassol produzidas com plantas em estágio avançado de desenvolvimento (Fig. 2).

A definição do ponto ideal de colheita do girassol para a ensilagem é fundamental para a produção de volumoso com melhor valor nutritivo. Por esse motivo, tem-se recomendado que a colheita do girassol não seja efetuada tardiamente. Atualmente, visando conciliar o valor nutritivo e características adequadas à fermentação, sugere-se ensilar no período de maturação fisiológica dos aquênios (fase R9), quando as plantas apresentam conteúdo de matéria seca apropriado para ocorrer fermentação que possibilite boa conservação do material estocado. A ensilagem nesse estágio tem produzido silagens com teor de matéria seca entre 26% e 30%, cerca de 10% proteína bruta e coeficiente de digestibilidade da matéria seca por volta de 50%. Em R9, as plantas do girassol apresentam a parte posterior dos capítulos amarelada, as brácteas (folhas modificadas da parte externa do capítulo) estão com coloração amarelo-castanho e a maior parte das folhas presas ao caule já está seca. Quando a colheita é efetuada antes da maturação fisiológica dos aquênios, o girassol contém alta quantidade de água, o que prejudica a fermentação. Por sua vez, quando é ensilado tardiamente, tem produzido silagens com altas proporções de componentes da parede celular e baixos coeficientes de digestibilidade.

## **Uso de aditivos na ensilagem do girassol**

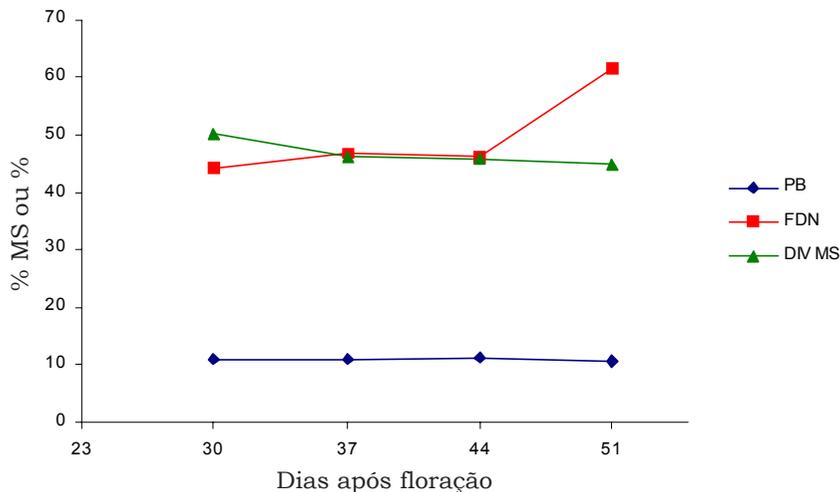
Vários produtos conhecidos como aditivos têm sido adicionados à forragem no momento da ensilagem. Os objetivos de sua utilização incluem a

**Tabela 5.** Composição química e digestibilidade das silagens de cultivares de girassol.

Cultivar	Composição expressa como porcentagem da matéria seca					DIVMS (%)
	Proteína bruta	Extrato etéreo	FDN	FDA	Lignina	
AS243	8,6 B	18,0 AB	43,4 E	33,9 DE	6,2 BC	47,1 D
AS603	9,3 A	17,0 ABC	40,7 E	31,5 F	5,4 D	51,1 B
Cargill 11	9,2 A	19,2 A	41,1 E	33,1 EF	5,7 CD	49,0 CD
Contiflor 3	8,0 C	13,5 CDEF	46,7 CD	36,1 BCD	7,1 AB	49,9 CD
Contiflor 7	7,9 C	10,6 F	46,8 CD	36,1 BCD	6,9 AB	46,9 D
DK180	8,1 C	15,5 BCD	43,2 E	34,4 DE	6,4 BC	49,7 BC
M734	9,8 A	10,5 F	50,6 AB	39,4 A	6,9 AB	51,4 B
M737	9,5 A	18,1 AB	37,7 F	28,9 G	5,2 D	56,7 A
M738	9,8 A	13,7 CDEF	52,8 A	40,1 A	6,9 AB	49,4 BCD
M742	9,4 A	11,3 DEF	51,5 AB	39,7 A	6,8 AB	51,5 B
Rumbosol 90	8,7 B	12,6 DEF	49,3 BC	38,4 AB	7,3 A	48,6 CD
Rumbosol 91	7,2 D	11,2 EF	47,7 C	37,3 ABC	7,1 AB	47,9 CD
V2000	9,4 A	14,8 BCDE	44,0 DE	35,0 CDE	6,4 BC	48,9 CD

FDN = fibra em detergente neutro, FDA = fibra em detergente ácido, DIVMS = digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

Fonte: adaptado de Tomich et al. (2004).



**Fig. 2.** Médias de conteúdos de proteína bruta (PB) e de fibra em detergente neutro (FDN) e coeficiente de digestibilidade da matéria seca (DIVMS) de silagens de quatro genótipos de girassol colhidos aos 30, 37, 44 e 51 dias após o florescimento (fase R5.5).

Fonte: adaptado de Pereira (2003).

alteração da fermentação - visando a melhoria da conservação, incremento do valor energético ou protéico e aumento da estabilidade aeróbica da silagem durante a fase de utilização.

Valle et al. (2001b) observaram que a adição de uréia e de carbonato de cálcio, associados ou não, à silagem de girassol promoveu queda nos teores de ácido lático e aumentos nos teores de ácido butírico em duas de quatro cultivares avaliadas, enquanto os teores de ácido acético foram pouco afetados pela adição. Esses mesmos autores verificaram que o uso de inoculante bacteriano não resultou em aumento significativo nos teores de ácido lático nas silagens de girassol. Valle et al. (2001a) notaram poucas alterações significativas na digestibilidade da matéria seca devido à adição de uréia, carbonato de cálcio, uréia + carbonato de cálcio ou inoculante bacteriano. Rodrigues et al. (2001), avaliando o efeito de diferentes inoculantes microbianos sobre a fermentação e a composição bromatológica da silagem de girassol, notaram que apenas um dos inoculantes melhorou a fermentação, embora tenha piorado a estabilidade aeróbica da silagem. Esses autores concluíram que todas as silagens avaliadas, inoculadas ou não, apresentaram fermentação aceitável para conservação da planta de girassol pela ensilagem.

## **Desempenho de animais alimentados com silagem de girassol**

### **Consumo**

O consumo é um dos principais fatores na determinação do desempenho animal e a maioria dos estudos mostrou que o consumo das dietas contendo silagem de girassol é satisfatório (Bergamaschine et al., 1999; Ko, 2002; Ribeiro et al., 2002). Contudo, quando o consumo de matéria seca das dietas contendo silagem de girassol é comparado ao de outros volumosos, os dados de literatura não são conclusivos.

McGuffey e Schingoethe (1980) verificaram que as vacas alimentadas com silagem de girassol (variedade confeiteira) consumiram 4,0 kg de matéria seca a menos que vacas alimentadas com silagem de milho. Valdez et al. (1988b) não observaram diferenças significativas no consumo de vacas holandesas alimentadas com silagem de girassol (semente oleosa) ou de milho. Enquanto Hubbel et al. (1985), em experimento com vacas Jersey, obtiveram maior consumo de silagem de girassol em relação à silagem de milho. Leite (2002) observou que a substituição total da silagem de milho pela silagem de girassol na dieta de vacas em lactação promoveu redução significativa de 17% na ingestão de matéria seca, enquanto a substituição parcial (34% e 66%) não afetou o consumo. Kercher et al. (1985) observaram menor consumo para novilhos de corte alimentados com silagem de girassol, comparado aos alimentados com silagem de milho, enquanto Thomas et al. (1982a) notaram consumo de matéria seca total 7,1% maior para novilhos alimentados com silagem de girassol, quando comparados aos alimentados com silagem de alfafa, sendo observado, por esses autores, que os consumos reduzidos, associados ao fornecimento de silagem de girassol, são freqüentemente atribuídos ao seu baixo conteúdo de matéria seca.

### **Gado de leite**

Os experimentos com gado de leite também não são conclusivos em relação ao desempenho produtivo dos animais alimentados com silagem de girassol. Vandersall e Lanari (1973) observaram maiores ganhos de peso e produções mais elevadas de leite para vacas alimentadas com silagem de milho, quando comparadas às vacas alimentadas com silagem de girassol. Thomas et al. (1982a) encontraram produções de leite equivalentes em dois grupos de vacas em lactação, alimentadas com silagens de giras-

sol e de alfafa, concluindo que a silagem de girassol é uma forragem adequada para vacas em meio e final de lactação. Valdez et al. (1988b) observaram que vacas holandesas alimentadas com silagem de girassol apresentaram maior ganho de peso e igual produção de leite que aquelas que receberam silagem de milho.

Hubbel et al. (1985), comparando silagens de girassol e de milho para vacas Jersey em lactação, observaram que a produção de leite foi significativamente maior para as vacas alimentadas com silagem de girassol (2,2 kg a mais por dia). Silva et al. (2004), ao avaliarem a produção e a composição do leite de vacas com média de 26 kg dia<sup>-1</sup> alimentadas com diferentes proporções de silagem de girassol em substituição à silagem de milho, concluíram que a inclusão parcial da silagem de girassol se mostrou viável, pois não afetou significativamente as produções de leite, de proteína ou de gordura. A substituição completa afetou negativamente as produções de leite, de proteína e de extrato seco total do leite.

Alguns estudos mostraram modificações na composição do leite dos animais alimentados com silagem de girassol. Thomas et al. (1982a) e Valdez et al. (1988b) observaram redução na porcentagem de gordura do leite dos animais que consumiram silagem de girassol. McGuffey & Schingoethe (1980) notaram aumento de gordura e de ácidos graxos poliinsaturados, redução de proteína e de sólidos totais no leite das vacas alimentadas com silagem de girassol.

Leite et al. (comunicação pessoal, 2005) recentemente realizaram estudo de desempenho com vacas holandesas alimentadas com silagens de girassol ou milho na fazenda experimental da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais. Não foram observadas diferenças na produção e composição do leite (proteína, uréia, gordura, lactose, sólidos totais e extrato seco desengordurado) entre as vacas alimentadas com silagem de girassol e milho. Os dados deste ensaio encontram-se na Tabela 6.

## **Gado de corte**

A silagem de girassol é capaz de proporcionar bons ganhos de peso, geralmente, similares aos demais volumosos comparados (Marx, 1977; Thomas et al., 1982b; Kercher et al., 1985).

Kercher et al. (1985) observaram igual relação de ganho de peso para cada kg de matéria seca consumido, em novilhos alimentados com silagem de girassol ou silagem de milho, enquanto Thomas et al. (1982b) relataram ganhos médios diários de 1,2 kg em novilhos de corte, com peso médio

**Tabela 6.** Produção e composição do leite de vacas holandesas alimentadas com dietas balanceadas utilizando silagem de girassol ou milho.

Parâmetros	Silagem	
	Girassol	Milho
Produção de leite (kg dia <sup>-1</sup> )	25,02	25,52
Produção de leite corrigido para gordura (kg dia <sup>-1</sup> )	22,28	23,19
% de gordura	3,30	3,52
% de proteína	2,84	2,96
% de lactose	4,67	4,76

Fonte: Dados não publicados e disponibilizados por Leite et al. (2005).

inicial de 277 kg, durante sessenta dias de experimento, submetidos a uma dieta composta por 60% de silagem de girassol e 40% de mistura concentrada. Essa dieta foi capaz de proporcionar desempenho similar à de animais alimentados com 60% de silagem de alfafa e 40% de concentrado, concluindo que a silagem de girassol é adequada para novilhos de corte e pode ser considerada como uma alternativa de produção de forragem, em áreas com limitação de umidade, ou como segunda safra anual.

Estudos que visem verificar o tipo de gordura incorporada à carcaça dos animais alimentados com a silagem de girassol, devido ao seu alto conteúdo de óleo com grande proporção de ácidos graxos insaturados, são inexistentes e necessários para atenderem as tendências de aumento do consumo de carnes mais saudáveis, com menores teores de ácidos graxos saturados, pela população humana.

## Ovinos

O desempenho de ovinos alimentados com silagem de girassol foi estudado por Ribeiro et al. (2002), que verificaram maiores ganhos de peso e rendimento de carcaça para ovelhas alimentadas com silagem de girassol em comparação às que receberam silagens de milho ou de sorgo. Nesse trabalho, os autores observaram ganhos diários de 263 g, 175 g e 171 g e rendimentos de carcaça de 53,14%, 46,36% e 48,13% para os animais que consumiram silagens de girassol, de milho, ou de sorgo, respectivamente. Por esses motivos, concluíram que o uso da silagem de girassol como fonte única de volumosos pode ser uma ótima opção para engorda de ovinos.

## Referências

- ALMEIDA, M.F.; VON TIESENHAUSEN, I.M.E.V.; AQUINO, L.H.; CARVALHO, V.D.; ROCHA, G.P.; SILVA, M.G.C.M.E. Composição química e consumo voluntário das silagens de sorgo, em dois estádios de corte, girassol e milho para ruminantes. **Ciência e Prática**, v.19, n.3, p.315-321, 1995.
- BERGAMASCHINE, A.F.; GUATURA, A.; ISEPON, O.J.; ALVES, J.B. Digestibilidade e degradação in situ da silagem de girassol confeccionada com diferentes teores de matéria seca e aditivo microbiano. In: REUNIÃO ANUAL SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. 1 CD-ROM
- BUENO, M.S.; FERRARI JÚNIOR, E.; LEINZ, F.F.; BIANCHINI, D.; RODRIGUES, C.F.C.; POSSENTI, R.A. Silagens de milho ou girassol com diferentes proporções de ração concentrada na dieta de ovinos. In: REUNIÃO ANUAL SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. 1 CD-ROM
- CARNEIRO, J.C.; SILVA, J.O.; VIANA, A.C.; FERREIRA, J.; BORDONI, C. Avaliação da digestibilidade "in situ" da matéria seca e da fibra em detergente neutro de silagens de milho (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum bicolor*) e girassol (*Helianthus annuus*). In: REUNIÃO ANUAL SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1CD-ROM
- COTTE, A. Le tournesol - fourrage. Sunflower for fodder. **Herbage Abstract**, v.29, n.2, p.92, 1959.
- EDWARDS, R.A.; McDONALD, P. **Fermentation of silage - a review**. West Des Moines: Chalcombe Publications, 1978, 115p.
- FREIRE, E.M. **Padrão de fermentação das silagens de cinco híbridos de girassol**. 2001. 44f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte.
- GONÇALVES, L.C.; TOMICH, T.R.; PEREIRA, L.G.R. **Produção e utilização de silagem de girassol**. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 1, 2000, Lavras. Anais... Lavras: UFLA, 2000. p.203-236.
- GONÇALVES, L.C.; TOMICH, T.R. Utilização do girassol como silagem para alimentação bovina. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 13, SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DE GIRASSOL, 1, 1999, Itumbiara. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 1999. p.21-30. (Documentos, 135)
- GONÇALVES, N.P.; KAKIDA, J.; MARINATO, R.; ALMEIDA, T.C. Época, espaçamento, densidade de plantio e irrigação para a cultura do girassol. **Informe Agropecuário**, v.7, n.82, p.78-80, 1981.

HARPER, F.; DONALDSON, E.; HENDERSON, A.R.; EDWARDS, R.A. The potential of sunflower as a crop for ensilage and zero grazing in northern Britain. **Journal of Agricultural Science**, n.96, v.1, p.45-53, 1981.

HUBBEL, D.S.; HARRISON, K.F.; DANIELS, L.B.; STALLCUP, O.T. Comparison of corn silage and sunflower silage for lactating Jersey cows. **Arkansas Farm Research**, v. 34, n. 1, p. 7, 1985.

JAYME, D.G. **Qualidade das silagens de genótipos de girassol (*Helianthus annuus*) confeiteiros e produtores de óleo**. 2003. 42f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte.

KERCHER, C.J.; SMITH, W.L.; JACKSON, G. Type of silages and chopped or baled alfalfa hay and silages for wintering beef calves. **Journal of Animal Science**, v.61, suppl.1, p.327, 1985. (Supplement)

KO, H.J.F. **Consumo voluntário e digestibilidade aparente das silagens de quatro (Rumbosol 91, M734, C11, S430) genótipos de girassol (*Helianthus annuus*)**. 2002. 66f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte.

LEITE, L.A. **Silagem de girassol e de milho em dietas de vacas leiteiras**. 2002. 47f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte.

McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. **The biochemistry of silage**. 2ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.

MARX, G.D. Utilization of sunflower silage, sunflower hulls with poultry litter and sunflower hulls mixed with corn silage for growing dairy animals. **Journal of Dairy Science**, v.60, suppl.1, p.112, 1977.

McGUFFEY, R.K.; SCHINGOETHE, D.J. Feeding value of high oil variety of sunflowers as silage to lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.63, n.7, p.1109-1113, 1980.

MORRISON, S.B. **Alimentos e alimentação dos animais**. 2º ed. São Paulo: Melhoramentos, 1966. 892p.

PEREIRA, L.G.R. **Potencial forrageiro da cultura do girassol (*Helianthus annuus*) para produção de silagem**. 2003. 160f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte

PORTO, P.P. **Perfil de fermentação das silagens de 3 genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.) com aditivos**. 2002. 66f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte.

REZENDE, A.V.; EVANGELISTA, A.R.; SIQUEIRA, G.R.; TOSI, H.; SILVEIRA, A.C.; BERNARDES, T.F. Avaliação do potencial do girassol (*Helianthus annuus*

L.) como planta forrageira para ensilagem na safrinha, em diferentes épocas de cortes. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, p.1548-1553, 2002. Edição especial.

RIBEIRO, E.L.A.; ROCHA, M.A.; MIZUBUTI, I.Y.; SILVA, L.D.F. Silagem de girassol (*Helianthus annuus* L.), milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para ovelhas em confinamento. **Ciência Rural**, v.32, n.2, p.299-302, 2002.

RODRIGUES, P.H.M.; ALMEIDA, T.F.; MELOTTI, L.; TAVARES, A.S.J.; CUNHA, P.J.K. Efeitos da adição de inoculantes microbianos sobre a composição bromatológica e sobre a fermentação da silagem de girassol produzida em silos experimentais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6S, p.2169-2175, 2001.

SCHINGOETHE, D.J.; SKYBERG, E.W.; ROOK, J.A. Chemical composition of sunflower silage as influenced by additions of urea, dried whey and sodium hydroxide. **Journal of Animal Science**, v.50, n.4, p.529-625, 1980.

SCHUSTER, W. Sunflower, an ideal fodder plant. **Herbage Abstracts**, v.25, n.4, p.225, 1955.

SILVA, B.O.; LEITE, L.A.; FERREIRA, M.I.C.; FONSECA, L.M.; REIS, R.B. Silagens de girassol e de milho em dietas de vacas leiteiras: produção e composição do leite. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.6, p.750-756, 2004.

SNEDDON, D.M.; THOMAS, V.M.; ROFFER, R.E.; MURRAY, G.A. Laboratory investigations of hydroxide-treatment sunflower or alfafa-grass silage. **Journal of Animal Science**, v.53, n.6, p.1623-1628, 1981.

SOUZA, B.P.S. **Momento de colheita de quatro genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.)**. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2002. 47p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

THOMAS, V.M.; MURRAY, G.A.; THACKER, D.L.; SNEDDON, D.N. Sunflower silage in rations for laetantig Holsteins cows. **Journal of Dairy Science**, v.65, n.2, p.267-270, 1982a.

THOMAS, V.M.; SNEDDON, D.N.; ROFFLER, R.E.; MURRAY, G.A. Digestibility and feeding value of sunflower silage for beef steers. **Journal of Animal Science**, v.54, n.5, p.933-937, 1982b.

TOMICH, T.R.; GONÇALVES, L.C.; TOMICH, R.G.P.; RODRIGUES, J.A.; BORGES, I. Características químicas e digestibilidade *in vitro* de silagens de girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1672-1682, 2004. (Supl. 1)

TOMICH, T.R.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C.; TOMICH, R.G.P.; BORGES, I. **Características químicas para avaliação do processo**

**fermentativo: uma proposta para qualificação da fermentação.** Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003a, 20p. (Documentos, 57)

TOMICH, T.R.; RODRIGUES, J.A.S.; GONÇALVES, L.C.; TOMICH, R.G.P.; CARVALHO, A.U. Potencial forrageiro de cultivares de girassol produzidos na safrinha para ensilagem. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, n.6, p.756-762, 2003b.

TOSI, H.; SILVEIRA, A.C.; FARIA, V.P.; PEREIRA, R.L. Avaliação do girassol (*Helianthus annuus*) como planta para a ensilagem. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.4, n.1, p.39-48, 1975.

VALADARES FILHO, S.C., ROCHA JÚNIOR, V.R., CAPPELLE, E.R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos.** Viçosa: UFV; DZO; DPI. 2001, 297p.

VALDEZ, F.R.; HARRISON, J.H.; DEETZ, D.A.; FRANSEN, S.C. In vivo digestibility of corn and sunflower intercropped as a silage crop. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.7, p.1860-1867, 1988a.

VALDEZ, F.R.; HARRISON, J.H.; FRASEN, S.C. Effect of feeding sunflower silage on milk production, milk composition, and rumen fermentation of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.9, p.2462-2469, 1988b.

VALLE, C.A.; VIEIRA, F.A.F.; BORGES, I.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M.; SALIBA, E.O.S.; BORGES, A.L.C.C.; RODRIGUES, J.A.S.; FARIA, M.B. Efeito do uso de aditivos na digestibilidade *in vitro* da matéria seca, extrato etéreo e frações fibrosas de silagens de quatro genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.) In: REUNIÃO ANUAL SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001a. 1CD-ROM

VALLE, C.A.; VIEIRA, F.A.F.; BORGES, I.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M.; SALIBA, E.O.S.; BORGES, A.L.C.C.; RODRIGUES, J.A.S.; FERREIRA, M.I.C Efeito do uso de aditivos nos teores de carboidratos solúveis e de ácidos orgânicos de silagens de quatro genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.) In: REUNIÃO ANUAL SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001b. 1CD-ROM

VANDERSALL, J.H.; LANARI, D. Sunflower versus corn silage at two grain ratios fed to cows. **Journal of Dairy Science**, v.56, n.10, p.1384, 1973. (Abstracts).





# ÓLEO DE GIRASSOL COMO MATÉRIA-PRIMA PARA BIOCOMBUSTÍVEIS

Décio Luiz Gazzoni

## Introdução

A demanda projetada de energia no mundo aumentará 1,7% ao ano, de 2000 a 2030, quando alcançará 15,3 bilhões de toneladas equivalentes de petróleo (TEP ou Toe, na sigla internacional, em inglês) por ano (Mussa, 2003). Sem alteração da matriz energética mundial, os combustíveis fósseis responderiam por 90% do aumento projetado na demanda mundial até 2030.

De outra parte, o mundo está cada vez mais temeroso dos impactos negativos dos combustíveis fósseis sobre o clima. No Brasil, são poucos os estudos do efeito das mudanças climáticas na agropecuária. Entretanto, recentemente, Assad et al. (2004) apresentaram resultados com modelos matemáticos, que projetam alterações profundas na temperatura do planeta e desastrosas conseqüências para o agronegócio. As alterações do clima acarretam modificações na incidência de pragas agrícolas, com sérias conseqüências econômicas, sociais e ambientais. O cenário fitossanitário atual seria significativamente alterado, expondo a vulnerabilidade da agropecuária a essas mudanças e a necessidade de desenvolver estratégias adaptativas de longo prazo.

Embora não exista um estudo definitivo comparando a geração de emprego e renda e sua distribuição, cotejando as cadeias de energia de carbono fóssil e de bioenergia, a experiência brasileira e o senso comum indicam que é possível gerar 10-20 vezes mais empregos na agricultura de energia, comparativamente à cadeia de petróleo – com a vantagem de que os empregos seriam gerados internamente, auxiliando na solução de um dos mais sérios desafios brasileiros. A produção agrícola desconcentra renda mais intensamente que a extração de petróleo ou gás, podendo tornar o Brasil um paradigma mundial de como enfrentar três grandes desafios do século XXI, com uma única política pública: através do incentivo à agricultura de energia, é possível enfrentar os desafios da produção de energia sustentável, da proteção ambiental e da geração de emprego e renda, com distribuição mais equitativa.

Os principais fatores que impulsionam o desenvolvimento tecnológico para aproveitamento da biomassa energética são:

- a. a crescente preocupação com as mudanças climáticas globais que, no ponto futuro, convergirão para políticas globais de redução da poluição;
- b. o reconhecimento da importância da energia de biomassa para efetuar a transição para uma nova matriz energética e substituir o petróleo como matéria prima, em seu uso como combustível ou insumo para a indústria química;
- c. a crescente demanda por energia e as altas taxas recentes de uso de biomassa energética. Os países em desenvolvimento demandarão 5 TW de energia nova, nos próximos 40 anos, sendo inadmissível imaginar que essa energia possa ser proveniente de fontes fósseis, pelo seu alto impacto ambiental e pelo esgotamento das reservas;
- d. os custos ambientais serão paulatinamente incorporados ao preço dos combustíveis fósseis, através de tributos punitivos (taxa de poluição), tornando-os progressivamente mais caros, fator agravado com o aumento natural de preços, devido ao esgotamento das reservas e aos conflitos regionais;
- e. o preço também oscilará, mantendo tendência crescente, em função das disputas políticas e bélicas pelas últimas reservas disponíveis, tornando inseguros os fluxos de abastecimento e o cumprimento de contratos de fornecimento de petróleo;
- f. cresce, em progressão logarítmica, o investimento público e privado no desenvolvimento de inovações que viabilizem as fontes renováveis de energia, com ênfase para o aproveitamento da biomassa;
- g. também crescem os investidores internacionais interessados em contratos de longo prazo, para o fornecimento e biocombustíveis, especialmente o álcool e, em menor proporção, o biodiesel;
- h. a energia passará a ser um componente importante do custo de produção agropecuário e da agroindústria, tornando progressivamente atrante a geração de energia dentro da propriedade.

## **Demanda de energia**

Além das pressões ambiental e social, considere-se o ocaso da era do petróleo. Posta a escassez do petróleo e a extração mais complexa, os preços

dispararão. De algum modo esse processo está em andamento, posto que, nos últimos 30 anos, o preço nominal do petróleo aumentou 2.650% (Williams, 2005), sendo a valorização real de 505% (85% entre o final de 2004 e meados de 2005). Entre os analistas internacionais passa a ser aceito o cenário que prevê o preço do barril de petróleo em torno de US\$100,00, no início da segunda década do século XXI. Esta cotação pode ser julgada fantasiosa, entretanto, atente-se para dois fatos. O primeiro deles é o pico histórico da cotação do petróleo (US\$90,00/barril), atingido durante a guerra Irã-Iraque. O segundo é a proposta apresentada pelo Dr. Matthew Simmons ao Plano Energético dos EUA (em elaboração no segundo semestre de 2004), propondo que os EUA fixassem a cotação interna do petróleo em US\$182 imediatamente, para equilibrar oferta e demanda (Porter, 2004).

Enquanto nos denominados primeiro e segundo choques de petróleo (anos 70), a razão estrutural preponderante para o aumento de preços foi a diminuição voluntária da oferta, o salto verificado neste século está ligado à expansão da demanda. Sob o ponto de vista estratégico, a expansão da demanda é muito mais preocupante que a contração da oferta pois, enquanto a segunda pode ser negociada, no sentido amplo da palavra, a primeira é uma constatação factual de mais difícil solução, que não a própria expansão da oferta ou a mudança radical nos hábitos de consumo de energia.

Entre 2002 e 2004, o consumo diário de petróleo no mundo expandiu de 78 para 82 milhões de barris. A China respondeu por 36% desse aumento e os EUA por 24%. No caso da China, as suas altas taxas de crescimento econômico fizeram com que o país passasse de exportador para importador de petróleo, volatilizando o balanço mundial, mesmo fenômeno verificado, com o Reino Unido (Mussa, 2003). A Índia é um país energeticamente vulnerável e o seu crescimento ocorrerá à custa de maior pressão sobre a demanda atual de combustíveis fósseis. A mesma análise pode ser aplicada à Indonésia, ao Japão e à Coreia, países dependentes de importação de energia e com grande potencial de crescimento econômico.

Em 2004, o consumo de energia dos países ricos alcançou 4,5 toneladas equivalentes de petróleo (TEP) por pessoa por dia, para um agrupamento estimado em 1 bilhão de cidadãos. Já nos países emergentes, o consumo situa-se em 0,75 TEP/pessoa/dia, porém em um universo de 5 bilhões de habitantes (World Bank, 2004). A globalização cultural e de mercados e a assimilação de costumes de países ricos pelos emergentes, provoca uma forte pressão de consumo energético, que é sentida com maior intensida-

de nos países emergentes. E é nesses países que continuará a ocorrer o maior crescimento demográfico, ao longo do século XXI, conseqüentemente pressionando a demanda energética.

Enquanto os países ricos aumentaram seu consumo em menos de 100%, nos últimos 20 anos, no mesmo período a Coréia do Sul aumentou sua demanda em 306%, a Índia em 240%, a China em 192% e o Brasil em 88% (IEA, 2004). Deduz-se que qualquer tentativa de inclusão social promoverá uma pressão adicional sobre o consumo de energia.

Cientistas estimam que, antes do início da exploração, as reservas de petróleo alçavam-se a pouco mais de 2 trilhões de barris. As atuais reservas comprovadas de petróleo somam 1,137 trilhões de barris, 78% dos quais no subsolo dos países do cartel da OPEP (OPEC, 2005). Essas reservas permitem suprir a demanda mundial por 40 anos, mantido o atual nível de consumo. É evidente que tanto as reservas quanto o consumo se incrementarão, ao longo deste período.

Projetando os números dos últimos 50 anos, é lícito inferir que as reservas crescerão a taxas mais tímidas que o consumo. Em especial, quando se examinam os números referentes às reservas comprovadas de petróleo, verifica-se que, nos últimos 15 anos, houve incorporação líquida de 13% nas reservas comprovadas (0,8% ao ano) (OPEC, 2005). Cotejando com o crescimento da demanda de 1,9% a.a. resulta que, abstraindo as alterações na matriz energética, o ocaso da era do petróleo está contratado para meados do presente século.

## **Um cenário de futuro**

Nas próximas décadas, o agronegócio mundial estruturar-se-á em quatro macro-segmentos: alimentação e fibras, biomassa, plantas ornamentais e nichos especializados, com faixas de sobreposição entre si. A biomassa será a base da energia renovável, e também servirá como insumo para a indústria química. Os mesmos especialistas antevêm que esse segmento movimentará o maior volume de recursos das transações agrícolas internacionais, a partir do ano de 2050. Entretanto, o crescimento da agricultura de energia significará, também, aumento da produção de alimentos. Por exemplo, a expansão do cultivo de girassol para fins energéticos significará, necessariamente, o aumento da oferta da torta ou farelo de girassol, matéria prima da indústria de rações ou alimentos.

É possível que o maior potencial em energia renovável, no médio prazo seja proveniente do desenvolvimento de biomassa moderna (70 a 140EJ), seguido pela energia solar (16-22EJ) e eólica (7-10EJ). No longo prazo, a contribuição de bioenergia é estimada em 1.300EJ ano<sup>-1</sup> (EIA, 2004).

A portabilidade, a capacidade de estocagem e a densidade energética de uma fonte são atributos importantes para a sua consolidação e para ampliar o seu espaço na matriz energética. Por exemplo, o biodiesel possui portabilidade, o que lhe permite ser transportado e estocado além-mar, ao contrário da energia elétrica, que possui limitações de transmissão. Adicionalmente, os biocombustíveis derivados de óleo vegetal possuem as mesmas características do álcool, porém apresentam o atributo de maior densidade energética, o que reduz o seu custo relativo de transporte e de estocagem, quando medido pela energia potencial por unidade de volume ou peso.

## **Os vetores da mudança**

Apesar de a mudança da matriz energética mundial ser indiscutível, no longo prazo, existem diversos condicionantes (tecnológicos, políticos, culturais, econômicos, sociais, comerciais e ambientais) que podem apressar ou retardar as mudanças consideradas inexoráveis. Considerando a bioenergia como um segmento importante do agronegócio do futuro, as seguintes considerações podem ser efetuadas, para embasar a tomada de decisão do investidor:

- a. o preço dos combustíveis fósseis é crucial para apressar a transição e para estender o tempo de duração das reservas, tornando a transição menos turbulenta. Sob um quadro de preços moderados de combustíveis fósseis, poucas fontes de energias renováveis são competitivas, como é o caso do etanol, derivado de cana-de-açúcar, já claramente competitivo;
- b. os custos de obtenção de energia são fortemente ligados às condições locais e às regiões de menores custos serão exploradas em primeiro lugar. Esse fato gera diferenciais competitivos entre as diferentes regiões;
- c. acordos internacionais – como a entrada em vigor do Protocolo de Quioto – ou intrablocos – como a Diretiva para Obtenção de Eletricidade de Fontes Renováveis, do Parlamento Europeu – são poderosos indutores do uso de energias renováveis e criam reservas de mercado para a bioenergia;

- d. o apoio intenso, garantido e continuado aos programas de PD&I constituirá a pedra angular para acelerar a taxa de utilização de energias renováveis. Inovações têm o condão de viabilizar técnica e economicamente as fontes renováveis de energia, bem como permitir a exploração comercial, o ganho de escala e a redução de custos;
- e. a co-geração de energia se constituirá em um diferencial importante para a viabilização econômica de fontes de bioenergia. A técnica já é utilizada na produção de etanol, porém pode ser estendida para outras fontes, incluindo a utilização energética de dejetos;
- f. a expansão da área de agricultura energética não poderá ocorrer à custa da contração da oferta de alimentos, nem de impactos ambientais acima da razoabilidade, sob pena de forte reação contrária da sociedade, o que inviabilizaria o negócio bioenergia. Ao contrário, entende-se que haverá uma tríplice associação entre energia, alimento e indústria química.

## **A agricultura de energia**

Sob o conceito de biomassa, três grandes vertentes dominarão o mercado da agricultura de energia: os derivados de produtos intensivos em carboidratos ou amiláceos, como o etanol; os derivados de óleos vegetais, como o biodiesel e o ecodiesel; e os derivados de madeira e outras formas de biomassa, como briquetes ou carvão vegetal. Aceitas as premissas anteriormente relacionadas, qualquer cenário que venha a ser traçado para o médio e o longo prazos, revela as vantagens comparativas do Brasil para ser o paradigma do uso de energia renovável e o principal *player* do *biotrade* – o mercado que está sendo plasmado, consolidando os negócios internacionais, envolvendo a oferta de energia renovável.

Igualmente, o Brasil reúne condições para ser o principal receptor de recursos de investimento, provenientes do mercado de carbono nos segmentos de bioenergia. Os contornos desse mercado já estão visíveis e ele será rapidamente catapultado posta a ratificação do Protocolo de Quioto pela Rússia, destarte a recusa em subscrevê-lo por parte do maior devorador de energia fóssil e maior emissor de poluentes atmosféricos, que são os Estados Unidos.

O sinergismo entre as vantagens comparativas naturais (solo, água, mão de obra, e radiação solar intensa e abundante) e as captações de capital proveniente de projetos vinculados aos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo, tornarão o País ainda mais atrativo para macro-investidores ávi-

dos por disputarem o *market share* do *biotrade*. Esses capitais comporão um portfólio de investimento direto na produção, além de auxiliar na formação de uma logística adequada para o armazenamento e o escoamento da produção (comunicações, tancagem, ferrovias e hidrovias e instalações portuárias). Isso posto, entende-se que a agricultura de energia será a jóia da coroa do agronegócio brasileiro, no médio e longo prazos.

Do ponto de vista agrônômico, além das vantagens de área agricultável para expansão e de clima adequado, o Brasil conta com uma biodiversidade invejável, no tocante às plantas oleaginosas, tanto cultivadas atualmente quanto potenciais. Entre as plantas atualmente em exploração, destacam-se a soja, o girassol, a canola, o dendê e a mamona. Entretanto, a lista de plantas potenciais ascende a mais de uma centena, das quais ao menos uma dezena delas apresenta boas potencialidades para domesticação e para futura exploração comercial.

Para o momento, o Brasil pode contar com as oleaginosas já em exploração. Entretanto, no horizonte dos próximos 20 anos, poderemos contar com outras plantas, especialmente palmáceas, considerando que o eixo da bioenergia se situará nas regiões amazônica, dos cerrados, meio norte e semi-árido. Para garantir que este potencial possa se tornar realidade, a Embrapa está investindo no desenvolvimento de tecnologia adequada e na prospecção de novas plantas, que ampliem a base da oferta de matéria prima para a produção de bioenergia. Igualmente, estudos de sistemas de produção sustentáveis fazem parte da agenda da Embrapa, para conferir competitividade ao conjunto da produção de biocombustíveis.

## **Obtenção de biocombustíveis de óleos vegetais**

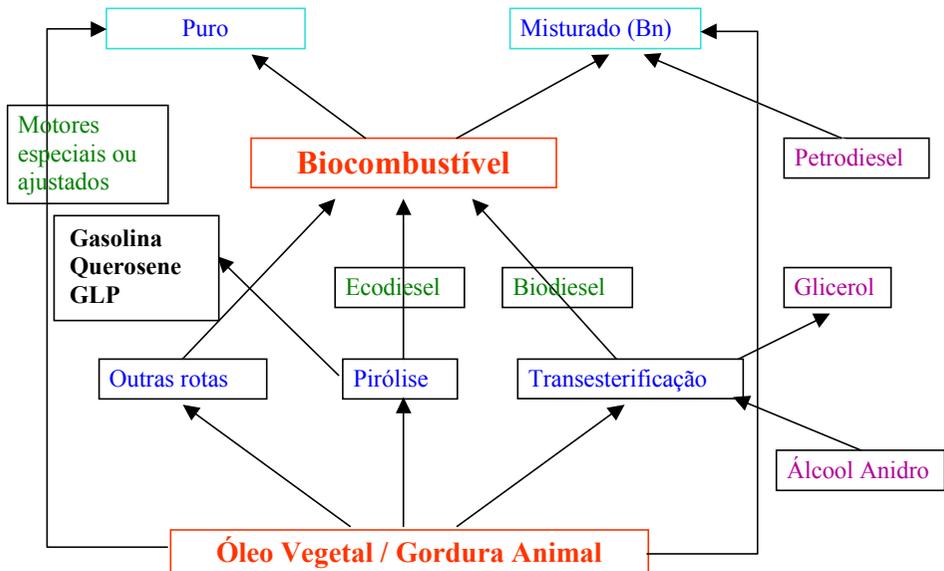
Através da biomassa, é possível substituir, parcialmente, os produtos obtidos com o refino do petróleo. Assim, o etanol pode substituir a fração gasolina e parte do querosene. A partir de oleaginosas, é possível obter sucedâneos do óleo diesel, da gasolina, do querosene e do gás. E, a partir de biomassa, é possível obter substâncias que servirão de insumos para a indústria química. Assim, o bagaço da cana-de-açúcar, o álcool, os óleos vegetais, o biodiesel, a torta de oleaginosas ou a glicerina resultante da produção de biodiesel serão insumos importantes para a indústria química do futuro.

Dessa forma, serão estabelecidas relações complexas entre a agropecuária, a agroindústria, a indústria energética e a indústria química, permitindo

um escalonamento no processo de agregação de valor dos produtos agrícolas. Assim, onde houver uma grande agricultura de energia, baseada em plantas oleaginosas, haverá, necessariamente, uma concentração de produção animal (bovinos, suínos, aves) para melhor aproveitamento da torta resultante da extração do óleo, aumentando a competitividade do agronegócio.

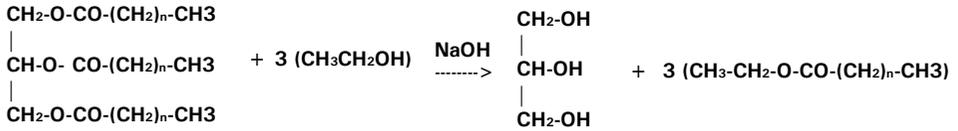
Através da Fig. 1, é possível visualizar, esquematicamente, a obtenção de biocombustíveis a partir de uma fonte de triglicéridos, que tanto podem ser óleos vegetais, quanto gorduras animais. Existem, atualmente, duas grandes rotas tecnológicas para a transformação de triglicéridos em biocombustíveis, além do uso direto do óleo em motores de ciclo Diesel. As rotas de produção de biocombustíveis são as seguintes:

**1. Transesterificação.** A partir de uma reação química relativamente simples, é possível substituir o radical do glicerol, presente nos triglicéridos, por radicais metila ou etila, provenientes, respectivamente, de metanol ou etanol. A reação ocorre em ambiente fortemente ácido ou básico, sendo o hidróxido de sódio o catalisador comumente utilizado. Pesquisas estão sendo desenvolvidas para obtenção de catalisadores heterogêneos, que aumentem a eficiência e a velocidade de reação, permitindo, também,



**Fig. 1.** Obtenção de biocombustíveis a partir de óleos vegetais ou gorduras animais.

melhor separação de fases ao final da reação. O modelo geral da reação está exposto na Fig. 2.



**Fig. 2.** Reação de transesterificação etanólica de um triglicéride.

O biodiesel é definido, cientificamente, como um monoéster etílico ou metílico de um ácido graxo (ex.: monoéster etílico do ácido oléico ou oleato de etila). A proporção estequiométrica da reação é de 100:11 -> 11:100. Isto significa que, para cada 100kg de triglicérido são adicionados 11kg de álcool, produzindo 11kg de glicerol e 100 kg de biodiesel. Esta relação é válida para o uso de metanol, pois o etanol exige um volume um pouco maior. Os estudos ainda não geraram uma tecnologia consolidada para o uso do etanol como reagente, porém estima-se que o valor deva ser aproximadamente 10% superior ao do metanol. Na prática, utiliza-se excesso de álcool para forçar a reação e evitar a reação reversa. Com o excesso, adicionam-se cerca de 30 kg de álcool para cada 100 kg de óleo, sendo o excedente, que não foi utilizado na reação, recuperado ao final do processo.

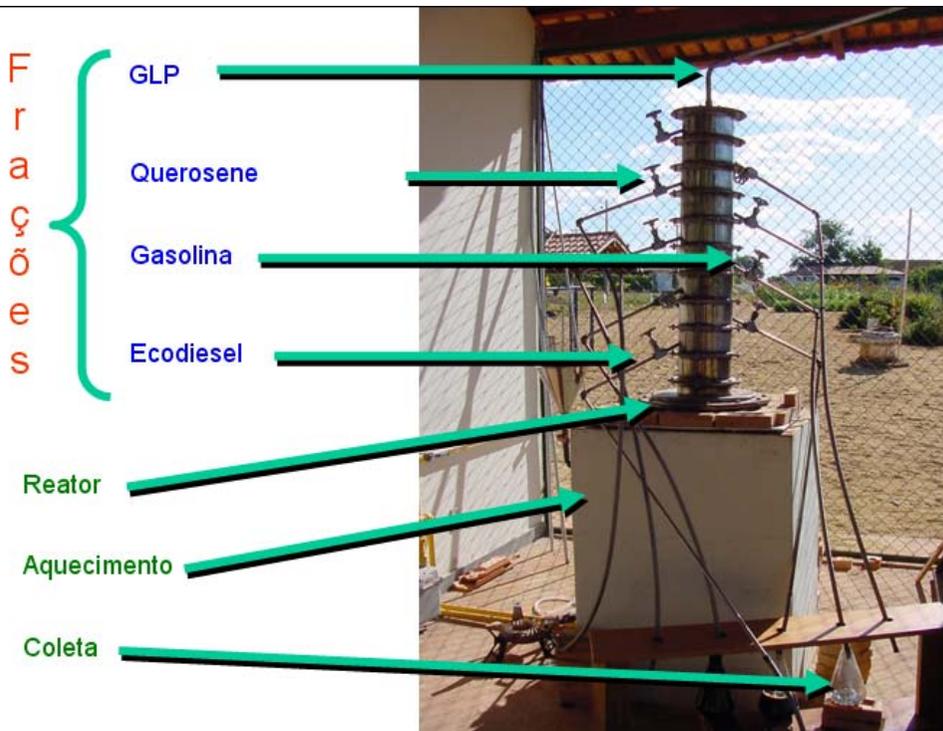
O procedimento pós-reação inclui a separação de fases (glicerina, álcool, biodiesel), a lavagem do biodiesel, a purificação e a destilação da glicerina, para futuro aproveitamento. Para evitar a reação de saponificação, em que os triglicéridos reagem com água e hidróxido de sódio, formando sais de sódio (sabões), é fundamental que tanto a fonte de ácidos graxos quanto o álcool sejam anidros. A presença de água propiciará a formação de sabões, que inviabilizam o uso do produto obtido como combustível.

O glicerol obtido necessita sofrer um processamento, para posterior aproveitamento. O maior uso atual é na indústria de cosméticos (sabões, sabonetes, xampus). Porém a gliceroquímica será um ramo da química industrial que ganhará enorme impulso, pois o crescimento da produção de biodiesel tenderá a aumentar a oferta de matéria prima, conseqüentemente diminuindo seu preço que, atualmente, oscila em torno de US\$1.000,00 t<sup>-1</sup>. O mercado atual demanda cerca de 1,2 milhões de toneladas anuais de glicerol, porém novos usos, que incluem polímeros, filmes, compósitos e materiais de construção, se encontram

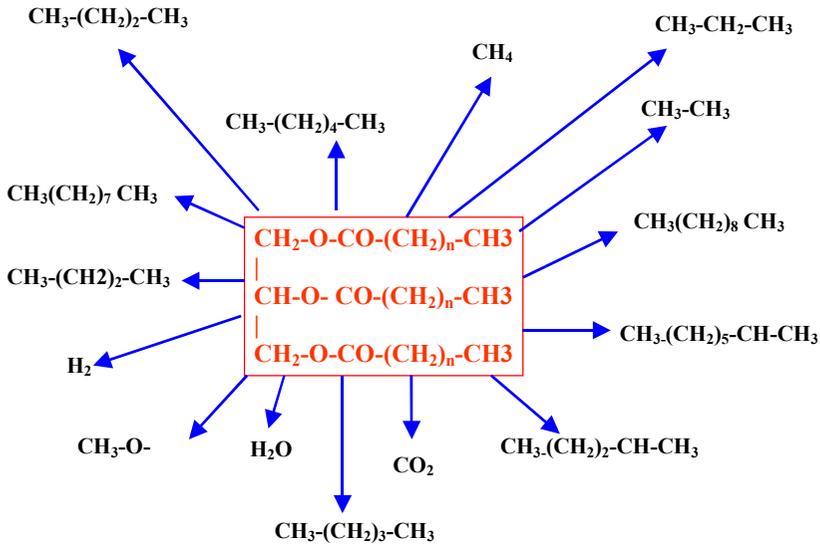
em desenvolvimento e devem gerar novas utilidades, ainda no correr desta década.

**2. Pirólise.** No caso de óleos vegetais utiliza-se a pirólise de baixa temperatura (inferior a 500° C), podendo ou não ser assistida por catalisadores específicos. O processo de pirólise consiste no aquecimento dos óleos vegetais ou gorduras animais em um reator, até atingir a temperatura de ebulição, quando sofrem um processo de craqueamento. A Embrapa, em parceria com a Universidade de Brasília, está desenvolvendo uma micro-refinaria para obtenção de biocombustíveis, através dessa rota tecnológica, cujo diagrama esquemático está mostrado na Fig. 3.

As moléculas de triglicérides são decompostas em moléculas menores, normalmente hidrocarbonetos lineares de cadeia curta ou média, conforme visualizado na Fig. 4. Entretanto, podem ser formadas moléculas de hidrogênio, metano, etano ou butano, que são gases. Adicionalmente, tam-



**Fig. 3.** Representação esquemática da micro-refinaria para craqueamento pirolítico de óleo diesel.

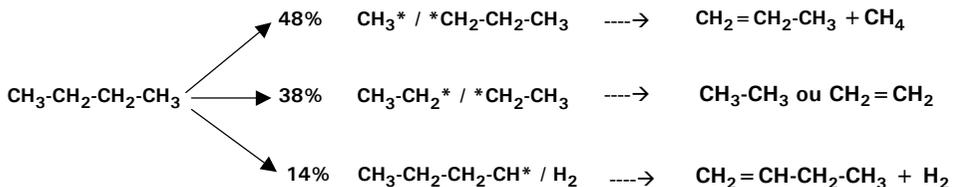


**Fig. 4.** Exemplos de substâncias obtidas a partir do craqueamento pirolítico de triglicérides.

bém se formam água e gás carbônico, utilizando os átomos de oxigênio presentes nos triglicérides.

As moléculas geradas pelo craqueamento, em estado gasoso, seguem para uma coluna de destilação fracionada, onde são separadas por faixas de ponto de condensação, podendo-se extrair até quatro combustíveis, que são sucedâneos do óleo diesel, da gasolina, do querosene e do gás liquefeito de petróleo.

O craqueamento rompe o equilíbrio elétrico interno ou as ligações de covalência das moléculas de triglicérides, gerando a necessidade de recominação ou a eventual formação de duplas ligações ou cadeias cíclicas. Por exemplo, para o butano foi estabelecida a seqüência de craqueamento exposta na Fig. 5.



**Fig. 5.** Substâncias químicas obtidas pelo craqueamento do butano.

Verifica-se que, a partir de uma molécula de triglicérido, com cadeia média superior a 50 átomos de carbono, é possível produzir uma multiplicidade de substâncias com cadeias menores, praticamente todas com elevada energia potencial, podendo ser utilizadas como combustível, com exceção daquelas completamente oxidadas ( $\text{CO}_2$  ou  $\text{H}_2\text{O}$ ). A destilação fracionada objetiva permitir que os vapores sejam condensados dentro de determinada amplitude de temperatura, estabelecida através de diversos experimentos, para que a coleta, em determinado ponto da coluna, corresponda às especificações para cada um dos combustíveis obtidos (biodiesel, gasolina, querosene ou gás).

**3. Óleo sem transformação.** O óleo vegetal sem transformação pode ser usado como combustível em motores de ciclo Diesel, pois possui capacidade de auto-ignição sob altas taxas de compressão e valor calorífico semelhante ao petrodiesel. Existem diversos relatos do uso de óleo vegetal puro, inclusive com experiências em andamento, como o uso de óleo de dendê para conferir sustentabilidade energética para comunidades isoladas da Amazônia, conduzidos pelo CENBIO/USP ou o uso do óleo de girassol para movimentar tratores, que vem sendo testado pela CATI/SP.

Apesar da possibilidade teórica de uso em motores diesel sem transformação, em especial com injeção direta, a experiência acumulada demonstra existirem problemas decorrentes de seu uso, em especial ambientais, de saúde humana e de impacto sobre os motores e o sistema de alimentação.

Deve-se considerar que a queima direta do óleo no cilindro do motor é precedida por um craqueamento instantâneo, porém sem o controle do processo, como ocorre quando este é efetuado através de micro-refinaria. Entre os problemas ambientais, saliente-se a emissão de componentes que podem prejudicar a saúde humana, como é o caso do propenal (acrilaldeído, aldeído acrílico ou acroleína -  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CHO}$ ). A combustão de óleos vegetais também pode produzir dioxinas. A dioxina mais comum é a tetraclorodibenzodioxina, ou 2,3,7,8-TCDD. A estrutura da dioxina, tecnicamente chamada de dibenzo-p-dioxina consiste de dois anéis benzênicos conectados por dois átomos de oxigênio. Ambos os produtos causam diversos distúrbios orgânicos, incluindo tumores malignos

O óleo puro possui viscosidade superior ao óleo diesel, sendo, portanto, totalmente compatível com o sistema de alimentação e de injeção, projetado para trabalhar, em condições ótimas, com a viscosidade do petrodiesel. Além disso, se o óleo não for perfeitamente filtrado, pode carregar impurezas que provocam entupimento do filtro de combustível. Tanto o entupimento do filtro quanto a viscosidade elevada causam sobrecarga da bom-

ba de combustível e operação inadequada da bomba injetora, além de prejudicar a operação dos bicos injetores.

Para contornar o problema, pode ser utilizado um motor de ciclo Elsbett, que foi desenvolvido para operar no conceito multi-combustível, aceitando uma amplitude maior de especificação de combustível. A empresa detentora da patente do motor Elsbett afirma que é perfeitamente possível a queima direta de óleos vegetais em seus motores, sem os contratempos de funcionamento ou a emissão de substâncias perniciosas. Um dos óleos vegetais recomendados pela empresa é o de girassol. Maiores informações podem ser obtidas em [www.elsbett.com](http://www.elsbett.com).

## **Óleo de girassol para produção de biocombustível**

Do ponto de vista químico, qualquer mistura de triglicérides, sejam óleos vegetais ou gorduras animais, serve como matéria prima para a produção de biocombustíveis, por qualquer rota tecnológica. Os óleos vegetais diferem entre si pela proporção entre os principais ácidos graxos, conforme pode ser visto na Tabela 1.

Alguns detalhes devem ser considerados na seleção dos óleos para fornecer a matéria prima para a indústria de biocombustíveis.

1. Quanto menor a insaturação dos ácidos graxos, tanto maior a energia potencial do combustível gerado, pois a energia é liberada na oxidação do carbono das moléculas, com a formação de gás carbônico, ou do hidrogênio, formando vapor de água;
2. Entretanto, óleos saturados possuem maior viscosidade à temperatura ambiente, o que dificulta a operação dos motores;
3. Igualmente, os triglicérides saturados possuem ponto de fusão mais elevado que os equivalentes insaturados, dificultando seu uso ou exigindo tempo e energia para sua fluidificação (Tabela 2).

Em relação às oleaginosas, deve-se considerar os seguintes aspectos:

1. Oleaginosas com elevado teor de óleo (próximo ou acima de 40%) são desejáveis pois permitem a extração do óleo com maior facilidade e menor custo, inclusive com o uso de prensas, dispensando o condicionamento térmico prévio;
2. Oleaginosas com elevada produção de óleo por hectare (acima de 3 t ha<sup>-1</sup>) serão mais competitivas, como é o caso das palmáceas;

**Tabela 1.** Composição percentual de ácidos graxos do óleo extraído de algumas oleaginosas

Oleaginosa	C12:0*	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:0	C20:1	C22:1	Outros
Algodão	1	29	4	24	40						2
Amêndoa		7	2	69	17						
Amendoim		6	5	61	22		2				4
Canola		4	2	17	13	9		15	40		
Canola baixo erúcido		5	2	63	17	9		1			1
Cártamo		7	2	13	78						
Cártamo alto oléico	5	1	78	16							
Coco	44	18	11	6	7	2					12
Dendê	1	48	4	38	9						
Girassol		7	4	17	72						
Girassol alto oléico		3	4	88	3						2
Milho		12	2	29	56	1					
Nozes		11	5	28	51	5					
Oliva		14	2	64	16	2					2
Pequi		40	1	2	54	2	1				
Soja		11	4	25	51	9					
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Manteiga	3	11	27	12	29	2	1				15**
Sebo		3	24	19	43	3	1				7
Toucinho		2	26	14	44	10					4

\* Número de carbonos: número de duplas ligações. As equivalências com os nomes dos ácidos graxos são as seguintes: 12:0 = Laurico; 14:0 = Mirístico; 16:0 = Palmítico; 18:0 = Estearico; 18:1 = Oléico; 18:2 = Linoléico; 18:3 = Linolênico; 20:0 = Araquídico; 20:1 = Gadoleico (Elaidico); 22:0 = Behênico; 22:1 = Erúcido; 24:0 = Lignosérico

\*\* Butírico (4:0) 2,9; Capríico (6:0) 1,9; Caprílico (8:0) 0,8; Cáprico (10:0) 7,0; Linoléico 0,2; Linolênico 0,1, entre outros.  
Elaboração: D.L. Gazzoni, a partir de diversas fontes consultadas.

**Tabela 2.** Ponto de fusão de alguns ácidos graxos

Ácidos graxos	Símbolo numérico	Ponto de fusão (°C)
Butírico	C4:0	- 5,3
Capróico	C6:0	- 3,2
Caprílico	C8:0	16,5
Cáprico	C10:0	31,6
Láurico	C12:0	44,8
Mirístico	C14:0	54,4
Palmitico	C16:0	62,9
Palmitoleico	C16:1	-
Esteárico	C18:0	70,1
Araquídico	C20:0	76,1
Behênico	C22:0	-
Lignocérico	C24:0	84,2
Oléico	C18:1	16,8
Linoléico	C18:2	5,0
Linolênico	C18:3	11,0

Fonte: Moretto & Alves (1986)

- Óleos nobres, como é o caso da canola e do girassol, com maior teor de ácidos graxos poli-insaturados, com elevado valor nutricional, são muito valorizados, podendo encarecer a matéria prima para obtenção de energia;
- Ao longo dos próximos anos, enquanto o mercado de óleo busca um novo patamar, será estratégico aumentar a oferta global de óleos, permitindo que o mercado de óleos comestíveis seja reservado para óleos nutricionalmente mais adequados, enquanto outros óleos (soja ou palmáceas) possam ser dirigidos para o mercado de energia;
- Culturas que possam adequar-se em “janelas” do sistema de produção, não competindo com a cultura principal, especialmente se permitirem o cultivo com menor exigência hídrica, terão importância estratégica na agricultura de energia;
- Progressivamente, os agricultores, individualmente ou em forma de cooperativas e associações, tenderão a produzir seu próprio biocombustível, como forma de agregar valor à produção agrícola, abrir novas oportunidades de uso de produtos agropecuários e para reduzir custos de produção.

O ponto de fusão (“derretimento”) dos ácidos graxos saturados aumenta com o comprimento da cadeia carbônica de - 4°C para o ácido butírico (C4:0) para 84°C no caso do ácido lignocérico (C24:0). Há diminuição no ponto de fusão com a insaturação crescente. Por exemplo, ácido esteárico (C18:0), 70°C; ácido oléico (C18:1), 14°C; ácido linoléico (C18:2), - 5°C; ácido linolênico (C18:3), -11°C e ácido araquidônico (C20:4) - 50° C.

Observando as considerações anteriormente enumeradas, é possível inferir que o girassol se enquadra em diversos itens. Depõe contra o uso energético da cultura o fato de o girassol possuir um teor de ácido linoléico apenas inferior ao cártamo, apesar de esse ser de cultivo marginal. O ácido linoléico é considerado nutricionalmente adequado por favorecer as funções cardiovasculares, reduzir o teor de LDL-colesterol do sangue, consequentemente reduzindo o risco de acidentes cardíacos. Todavia, na composição do ácido linoléico, a presença de duas ligas duplas nos carbonos 6 e 9 reduz o número de átomos de hidrogênio de 34 para 32, o que, teoricamente, diminui o potencial calórico da combustão. Também a baixa produção por unidade de área limita o potencial de produção de óleo de girassol, no estado da arte atual da tecnologia, em, aproximadamente, 1500 kg ha<sup>-1</sup>.

Por outro lado, a seu favor contam outros aspectos importantes. Devido ao seu alto teor de óleo na semente, é possível efetuar a extração a frio (sem condicionamento térmico prévio). O girassol pode ser cultivado antecipando-se à cultura principal, em algumas condições e, em outras, pode ser plantado na safrinha, como alternativa ao milho. Devido à sua baixa exigência hídrica, o girassol pode se constituir em excelente opção para o centro-oeste brasileiro. As necessidades hídricas do girassol ainda não estão perfeitamente definidas, existindo informações que indicam necessidades inferiores a 200 mm até valores superiores a 900 mm por ciclo (Unger, 1990). Correntemente, se aceita que cerca de 400 a 500 mm de água, bem distribuídos ao longo do ciclo, permitem obter rendimentos próximos ao potencial máximo da cultura. Além de abrir nova perspectiva de cultivo, o girassol também permite romper o ciclo gramínea/leguminosa, com ganhos agronômicos no sistema.

Quanto aos produtores que desejam obter biocombustíveis para uso próprio, derivados de óleos vegetais, o girassol também se apresenta como excelente alternativa. Com planejamento adequado, o grão girassol pode ser estocado e transformado em combustível de acordo com as demandas energéticas ao longo do ano.

## Considerações finais

Um aspecto importante a considerar é que o girassol, assim como qualquer oleaginosa, após a extração do óleo exige o aproveitamento da torta ou do farelo restante. A principal opção disponível é o seu aproveitamento no arração animal de monogástricos ou ruminantes. Estudos estão sendo conduzidos para determinar a eficiência nutricional da torta de girassol na formulação de rações para nutrição animal. É sempre importante ter em conta que a extração de óleo através de prensas, que deve ser a opção preferencial na pequena produção de biocombustíveis, gera a chamada torta gorda, que contém em torno de 5% de óleo. A presença de ácidos graxos, em especial os insaturados, que são mais instáveis, permite a rancificação, pela transformação dos ácidos graxos em aldeídos, conferindo odor e gosto desagradável ao produto, além de reduzir seu valor nutritivo.

Finalmente, enquanto estratégia nacional e regional, é sempre útil ter em mente as alternativas que a cultura do girassol pode oferecer, no contexto da agricultura de energia, associada com a agricultura de alimentos. Mesmo que o óleo de girassol não seja destinado, integralmente ou em sua maior proporção, ao uso energético, ele contribuirá para aumentar a oferta global de óleos comestíveis do País. Além de aumentar a oferta quantitativa, a expansão da cultura de girassol permitirá a adoção de políticas públicas que eduquem o consumidor a preferir um óleo nutricionalmente mais apropriado. Esta política somente terá sucesso com a redução do preço do óleo de girassol ao consumidor, o que, por sua vez, depende da expansão da cultura em larga escala.

## Referências

ASSAD, E.D.; PINTO, H.S.; ZULLO, J.J.; ÁVILA, A.M.H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.39, n.11, p.1057-1064, nov. 2004.

IEA. **World energy outlook 2004**. Paris, 2004. 500 p.

MORETO, E.; ALVES, R.F. **Óleos e gorduras vegetais**: processamento e análise. Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, 1986. 179p.

MUSSA, M. **A global growth rebound**: how strong for how long? Institute for International Economics, 2003. Disponível em: <<http://www.iie.com/publications/papers/mussa0903.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2005.

OPEC. Organization of the Petroleum Exporting Countries. **Statistical Bulletin**. Disponível em: <[http://www.opec.org/library/Annual Statistical Bulletin/asb2003.htm](http://www.opec.org/library/Annual%20Statistical%20Bulletin/asb2003.htm)>. Acesso em 15 mai. 2005.

PORTER, A. **Is the world's oil running out fast?** BBC News, UK Edition (Monday, 7 June, 2004, 07:41 GMT). Disponível em: <<http://news.bbc.co.uk/1/hi/business/3777413.stm>>. Acesso em: 07 jun. 2004.

UNGER, P.W. Sunflower. In: STEWART, B. A.; NIELSEN, D. R. (Ed.) **Irrigation of agricultural crops**. Madison: American Society of Agronomy, 1990. p.775-794, (Agronomy, 30).

WILLIAMS, J. **WTRG Economics**. Disponível em: <<http://www.wtrg.com/prices.htm>>. Acesso em: 15 jun. 2005.

WORLD BANK. **Global Economic Prospects 2004**: realizing the development promise of the Doha Agenda. Washington, 2003. Appendix 1, Regional Economic Prospects, p. 239. Disponível em: <<http://www.worldbank.org/prospects/gep2004/full.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2003.



# ECOFISIOLOGIA DO GIRASSOL

César de Castro  
José Renato Bouças Farias

## Introdução

O termo Girassol (*Helianthus annuus* L.) explica não só o nome comum como o nome botânico da planta, tendo em vista que o gênero deriva do grego *helios*, que significa sol, e de *anthus*, que significa flor (Seiler, 1997), ou “flor do sol”, sendo, portanto, uma referência à característica da planta de girar sua inflorescência, seguindo o movimento do sol. É uma dicotiledônea anual, ordem Asterales, família Asteraceae, maior família das Angiospermas (Joly, 1993), sub-família Asteroideae e tribo Heliantheae.

É conhecida não só pelo seu valor alimentar, na forma de óleo, farelo ou silagem, mas também pelo seu valor estético como planta ornamental. É uma planta que se adapta em diversas condições edafoclimáticas, podendo ser cultivada no Brasil desde o Rio Grande do Sul até o hemisfério norte, no Estado de Roraima.

É uma planta de fecundação cruzada (alógama), sendo feita basicamente por insetos, particularmente as abelhas (*Apis mellifera*). O grão de pólen do girassol é pegajoso (Glas, 1988) e pesado, o que dificulta que o mesmo seja eficientemente transferido entre as plantas, pelo vento (Vrânceanu, 1977; Bolson, 1981). Seiler (1997) cita que a superfície espinhosa dos grãos de pólen não é adaptada para o transporte pelo vento e sim por insetos.

Atualmente, apesar da existência de híbridos com elevado grau de autofecundação que produzem mesmo na ausência de insetos polinizadores, a presença de abelhas, em lavouras comerciais, durante a floração, propicia aumento da produção (Moreti et al., 1996; Sumangala & Giriraj, 2003), pela polinização de um maior número de flores além de possibilitar completa fecundação das mesmas. Nesse caso, além da produção de aquênios, a produção de mel pode ser outra fonte de renda, com a possibilidade de obtenção de 30 kg (Silva, 1990) a 40 kg de mel (Bolson, 1981) por hectare.

O girassol tem como centro de origem o México (Lentz et al., 2001). É uma planta cultivada nos cinco continentes, com grande importância na economia mundial. O girassol figura, juntamente com a soja e a canola, como uma das três mais importantes culturas anuais produtoras de óleo comestível do mundo (Estados Unidos, 2005), despertando, atualmente, grande interesse no novo mercado dos biocombustíveis, em função do elevado teor de óleo nos aquênios e de sua ampla adaptação às diferentes regiões edafoclimáticas do País.

## **Morfologia**

### **Raiz**

O girassol caracteriza-se por possuir um sistema radicular pivotante com um grande conjunto de raízes secundárias que, em plantas adultas e em solo sem impedimentos químicos e/ou físicos, podem alcançar até dois metros de profundidade (Jones, 1984; Cox & Jolliff, 1986). Contudo, 80% a 90% das raízes secundárias situam-se nos primeiros 10 cm de profundidade (Merrien, 1992), enquanto para Izquierdo et al. (2000) a densidade de raízes diminui drasticamente a partir dos primeiros 15 cm de profundidade. O estabelecimento das raízes laterais, explorando um grande volume de solo (Knowles, 1978), adquire importância quando compreende-se que alguns nutrientes têm seu mecanismo de absorção preferencialmente por difusão, como o fósforo e o potássio.

A raiz pivotante tem a função principal de alcançar as camadas mais profundas do solo, absorvendo água e nutrientes, bem como de ancoragem. As raízes secundárias têm a função, além da sustentação lateral, principalmente, de absorção de água e de nutrientes através dos pelos absorventes.

O girassol tem sistema radicular com forte taxa de crescimento no início do ciclo, mais importante que o crescimento da parte aérea. O crescimento das raízes segue um ritmo parecido ao da parte aérea vegetativa, com um volume radicular máximo no final da floração (Morizet & Merrien, 1990). Sua biomassa representa 20% a 30% da biomassa total. Porém, ao longo do ciclo, com o desenvolvimento da parte aérea, a biomassa radicular alcança em torno de 15% da biomassa total (Merrien, 1992).

Em condições de boa distribuição de água, as raízes desenvolvem-se principalmente nos primeiros 40 cm de profundidade, suprimindo adequada-

mente as necessidades de água das plantas. Contudo, se o desenvolvimento inicial da planta ocorrer em condições de baixa disponibilidade de água, haverá maior desenvolvimento das raízes, atingindo maiores profundidades e alterando a relação raiz-parte aérea. A raiz principal tem grande poder de crescimento, porém, o aprofundamento será tão limitado quanto maior for a resistência das camadas de impedimento, uma vez que é muito sensível a impedimentos físicos, como a compactação do solo. A redução do crescimento vertical diminui, conseqüentemente, a absorção de nutrientes da solução do solo, reduzindo principalmente o crescimento foliar e, posteriormente, a redistribuição de fotoassimilados para os aquênios, principalmente, com a ocorrência de déficit hídrico.

Muitos pesquisadores têm apontado que plantas com sistema radicular profundo e vigoroso e com grande massa de raízes são mais tolerantes ao déficit hídrico do solo, em função do maior perfil do solo explorado, incrementando a absorção de água e de nutrientes e a ancoragem da planta. Para o girassol, esta característica também é válida, principalmente, pelo fato de que normalmente é cultivado em condições de safrinha, com grande restrição de água a partir do início do florescimento.

## **Caule**

O girassol possui um caule herbáceo, de crescimento vigoroso, principalmente a partir dos 30 dias após a emergência, cilíndrico, altamente pubescente, com interior aquoso e esponjoso, tornando-se oco e quebradiço na maturação. Em híbridos e variedades comerciais, não há ramificações, atingindo diâmetro médio de 4 cm, variando de 1 a 8 cm, e a altura oscilando entre 0,7 a 4,0 m.

Além das características genéticas, como curvatura (Knowles, 1978), o desenvolvimento do caule é muito influenciado pelas condições ambientais, pelo arranjo e pela população de plantas. Geralmente caules grossos e com entrenós curtos estão associados a plantas fortes e resistentes, capazes de sustentar a produção de capítulos com grande número de aquênios, reduzindo os riscos de quebra ou acamamento e, conseqüentemente, de perdas na colheita.

## **Folha**

A filotaxia das folhas do girassol ocorre de duas formas básicas. Primeiramente, as folhas se desenvolvem, até as fases V4 a V 8, em disposição

oposta e, a partir dessas fases, gradualmente, o arranjo das folhas apresenta-se como uma espiral em filotaxia alternada. Essa mudança do modo de inserção das folhas marca a passagem da fase vegetativa para a fase reprodutiva, quando ocorre a diferenciação do botão floral (Merrien, 1992), mesmo não sendo visível. Nesse momento, olhando a planta de cima, o que se observa, externamente, é o broto de folhas.

As folhas são cordiformes, pecioladas e com grande número de tricomas, principalmente na face abaxial, podendo isoladamente alcançar até 0,14 m<sup>2</sup> de área foliar. Apresentam número elevado de estômatos grandes (Tabela 1), localizados em ambas as faces, adaxial e abaxial (anfiestomático).

**Tabela 1.** Frequência média na face superior e inferior e tamanho de estômatos na face inferior de girassol, de acordo com Morizet & Merrien (1990), Hall et al. (1995) e Willmer & Fricher (1996).

Fonte	Estômatos/cm <sup>2</sup>		Tamanho (µm) inferior	
	Superior	Inferior	Comprimento	Largura
Morizet & Merrien (1990)	8.500	15.600	38	7
Hall et al. (1995)	2.700 a 32.600	9.000 a 40.800	-	-
Willmer & Fricher (1996)	12.000	17.500	32	15

O número de folhas define-se muito cedo, entre os 10 a 20 dias após a emergência, no período de diferenciação foliar (Merrien, 1992). Assim, como as folhas são os órgãos da planta mais sensíveis à falta de água, o principal sintoma do déficit hídrico no início do estágio vegetativo é a redução do seu número e, posteriormente, a redução do seu tamanho. Esse período pode ser melhor visualizado observando-se a mudança da filotaxia de oposta para alternada. Segundo Marc & Palmer (1976), o déficit hídrico reduz o número de folhas por planta quando o mesmo ocorre 20 dias após a semeadura. Isso ocorre em função de que o número de folhas é determinado, tanto pelos componentes genéticos, como também pelas condições ambientais.

De modo geral, as plantas de girassol possuem de 20 a 40 folhas, alcançando área foliar de até 0,9 m<sup>2</sup> de folhas/planta, em solos profundos e sem deficiência hídrica ou nutricional. A folha é o principal aparato

fotossintético, acumulando, além de nutrientes, compostos orgânicos que serão posteriormente translocados para os órgãos reprodutivos e os grãos.

A planta de girassol, além da área foliar, possui outra estratégia para melhorar a eficiência de captação dos raios solares. Ao amanhecer, com o aparecimento do sol, as folhas inclinam-se o mais perpendicularmente possível em relação aos raios solares. Esse movimento, conhecido como heliotropismo, ocorre somente em folhas jovens e melhora a eficiência de captação da luz, aumentando a taxa fotossintética diária em até 23% (Shell & Lang, 1976). Com a ontogênese, a proporção de folhas com heliotropismo diminui, reduzindo, gradativamente, a vantagem adaptativa das folhas.

Após o florescimento, quando as folhas atingem o maior índice de área foliar, a ocorrência de déficit hídrico afeta severamente as folhas, causando senescência precoce das mesmas. Essa redução do aparato fotossintético reduz fortemente a translocação de fotoassimilados para os grãos, reduzindo o peso dos mesmos, a produtividade e o teor de óleo.

O déficit hídrico moderado afeta indiretamente a translocação, via floema, pela alteração da relação fonte e dreno. Devido à reduzida expansão celular, as folhas são menores e menos fotossintetizadas estarão disponíveis para translocação e enchimento dos frutos, com conseqüente redução do tamanho destes. Se a falta de água ocorrer após a expansão foliar, o resultado da competição entre as folhas e os frutos é diminuído (Hale & Orcutt, 1987).

Segundo Merrien (1992), é necessária área foliar mínima de 1,8 a 2,0 cm<sup>2</sup> de folhas para sustentar a produção de um aquênio. Desse modo, para a produção de 1000 aquênios por capítulos, é necessária área foliar de aproximadamente 0,2 m<sup>2</sup> por planta.

## Capítulo

A inflorescência do girassol é composta por flores sésseis, condensadas em receptáculo comum discóide e rodeada por um involúcro de brácteas, formado na parte superior do caule, conhecido como capítulo. O mesmo pode ter diversas formas como côncavo, convexo ou plano. No entanto, de modo geral, a deformação dos capítulos pode estar associada à deficiência de boro e não necessariamente à forma original do capítulo (Fig. 1).

A orientação do capítulo na direção do sol, conhecido como heliotropismo, deve-se ao crescimento diferenciado do caule. Essa movimentação ocorre em função da iluminação desigual de um lado para outro da planta. O



**Fig. 1.** Formas de capítulo. 1: plano, com a parte posterior do capítulo com inclinação suficiente para o escoamento da água; 2: côncavo; 3: convexo; 4: plano, porém com os bordos voltados para cima, suficiente para o acúmulo de água; 5: irregular; 6: capítulo com formato de corneta, usualmente côncavo, com receptáculo espesso e pesado

Fonte: Knowles (1978).

lado da planta que está sombreado acumula auxina, que é um hormônio regulador de crescimento vegetal. Esse acúmulo faz com que a parte que está à sombra cresça mais rapidamente do que a que está ao sol e, desse modo, o caule e o capítulo inclinam-se para o sol. Com o pôr do sol, a auxina é redistribuída na planta e o capítulo retorna à posição inicial, voltada para o leste (Seiler, 1997). Esse tropismo do capítulo ocorre até o início do florescimento e cessa a partir dessa fase, permanecendo, na maioria dos casos, voltado para o leste.

## Flores

Ocorrem dois tipos de flores no capítulo do girassol. As liguladas são estéreis, geralmente tem cor amarela e situam-se na parte externa do capítulo e as tubulares são flores férteis que ocupam todo o centro do capítulo, sendo limitadas pelas flores liguladas (Fig. 2 e 3). A antese das flores ocorre gradualmente, abrindo segundo um padrão em espiral centrípeta, demorando de 10 a 15 dias para completar essa fase. A duração da floração depende do diâmetro do capítulo e das condições climáticas, prolongando-se em dias frescos e nublados (Knowles, 1978).

A dinâmica da antese em uma flor tubular, ocorre, na seguinte ordem: pela manhã, ocorrem: emergência das anteras através da corola, deiscência e liberação de pólen dentro do tubo da antera, alongação do estilete através do tubo das anteras e emergência do estigma, sem contudo estar receptivo. Na manhã do outro dia, o estigma está completamente emergido e com a superfície dos lóbulos expostos e receptivos. Nesse momento, o filete perde a turgidez e o tubo de anteras é recolhido para dentro do tubo da corola. Durante esse processo, com a retração dos filetes, o pólen é aderido à superfície do estilete/estigma e é empurrado para fora das

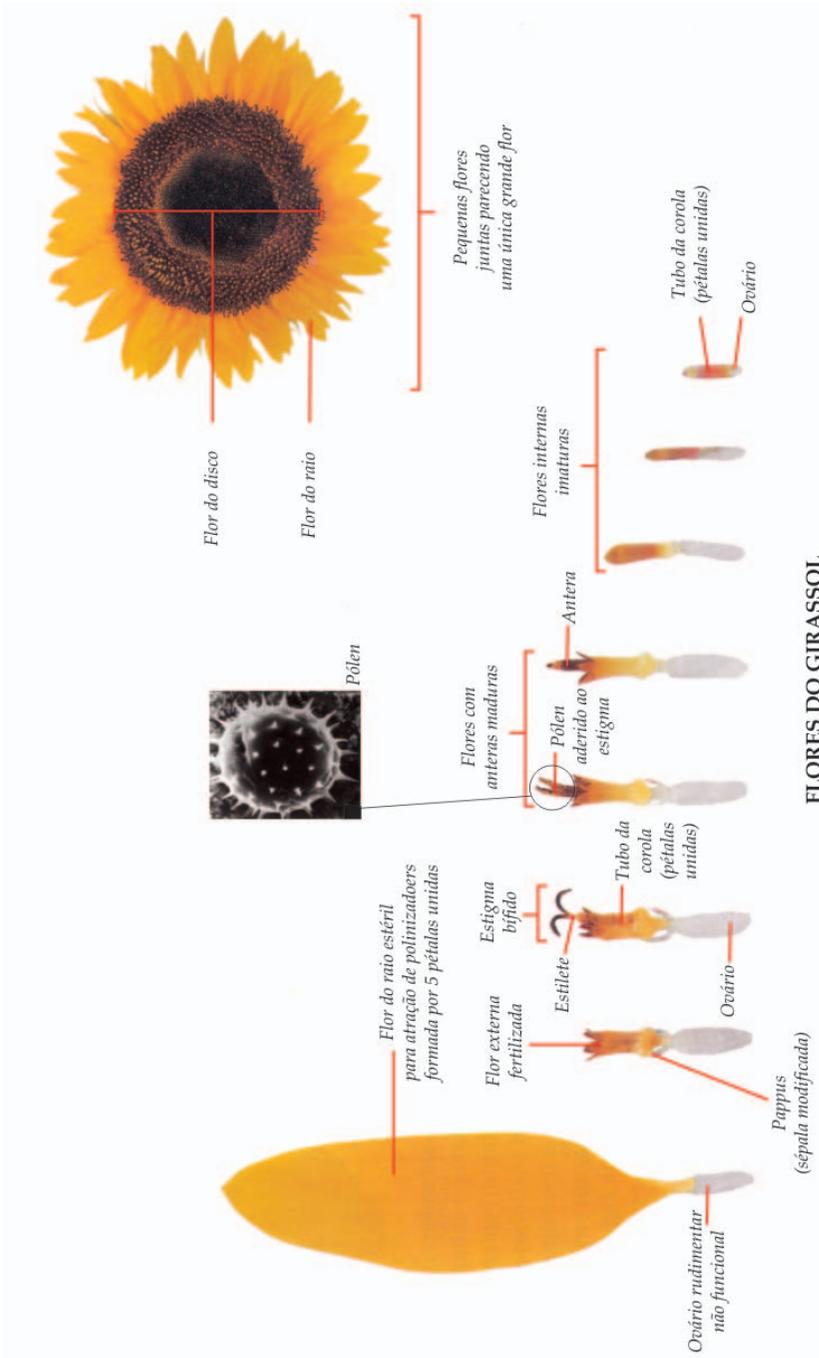
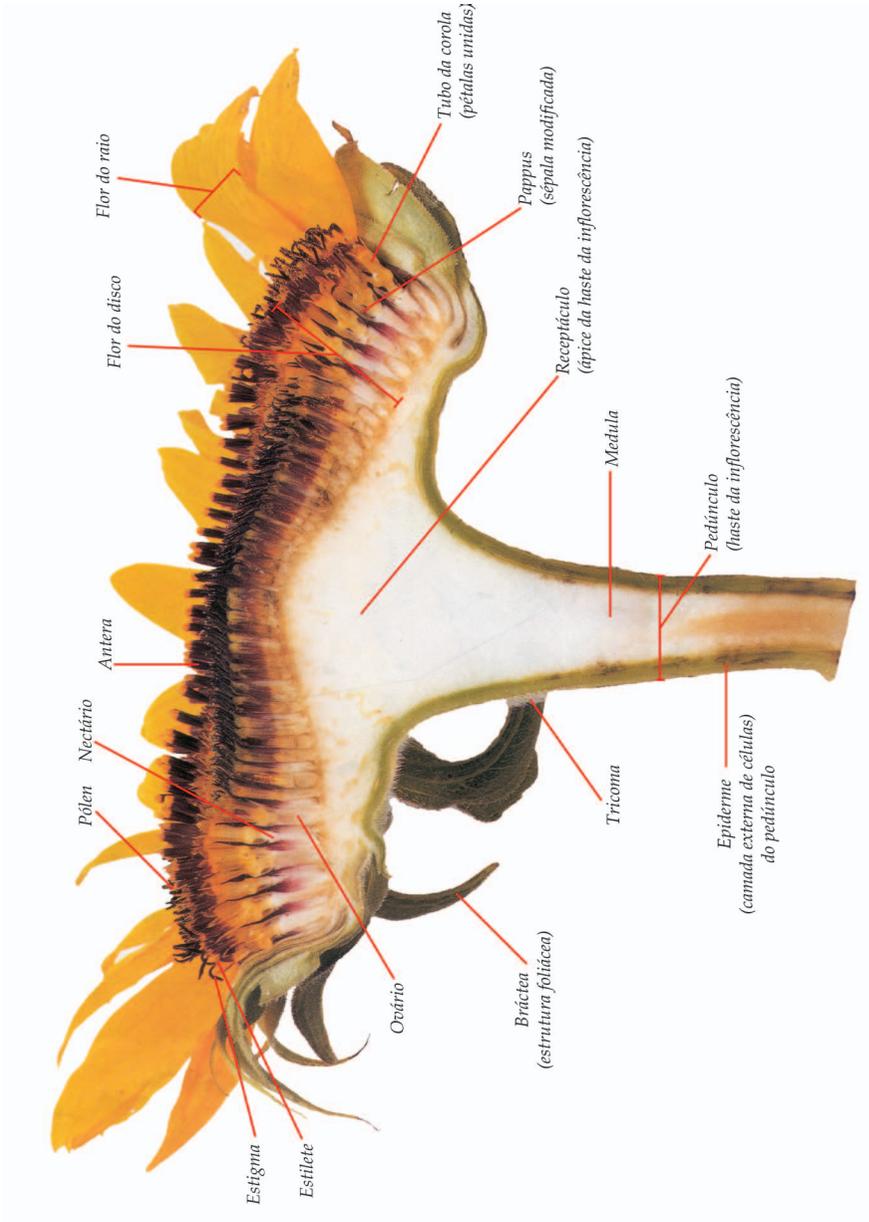


Fig. 2. Inflorescência e flores do girassol em diferentes estádios de desenvolvimento. Fonte: adaptado de Vitta (2004).



**Fig. 3.** Corte longitudinal da inflorescência do girassol.  
Fonte: adaptado de Vitta (2004).

anteras. Uma vez que o estigma está receptivo, a polinização e a fertilização ocorrem. Após esse processo, o estigma também perde a turgidez e encolhe. Pela manhã do segundo dia após a abertura da flor, as anteras e o estigma estão mais murchos e retraem para dentro do tubo da corola (Seiler, 1997). Esse ciclo ocorre, de modo geral, em 24 horas, dependendo, basicamente, do genótipo e das condições climáticas.

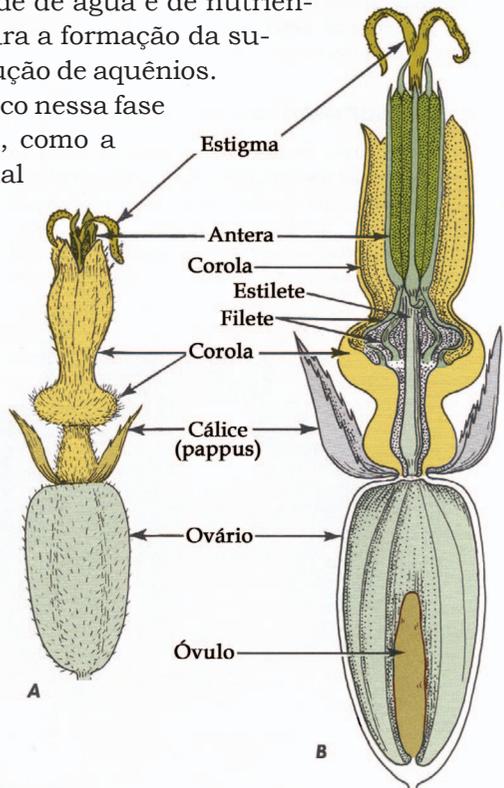
O número de flores é variável, em função de fatores genéticos e ambientais. No entanto, encerram, em torno de 1000 a 4000 flores férteis por capítulo (Weiss, 1983).

O número potencial de aquênios de cada planta é determinado nas fases reprodutivas iniciais das plantas, entre o início da floração e a fase R2 (Merrien, 1992) e é grandemente influenciado pelas condições ambientais, como a disponibilidade de água e de nutrientes, principalmente nitrogênio, para a formação da superfície foliar que sustenta a produção de aquênios.

Assim, a ocorrência de déficit hídrico nessa fase afeta não só o número de folhas, como a área foliar e, assim, o número final de aquênios.

As flores verdadeiras, que originam os aquênios, são hermafroditas e compostas por cálice, corola, androceu e gineceu (Fig. 4). O cálice e a corola, que no seu conjunto formam o perianto, são considerados acessórios ou peças florais estéreis, porque não atuam diretamente na reprodução. Os estames, que no seu conjunto formam o androceu, e o gineceu são as estruturas realmente importantes na reprodução (Ferri, 1973).

O cálice é dialissépalo (Ferri, 1973), formado por duas pequenas folhas transformadas, denominadas pappus, espinhoso, que se encontram opostamente na união do ovário com a corola. A



**Fig. 4.** Representação esquemática de uma flor hermafrodita: (A) Visão externa (x2,5); (B) corte longitudinal (x4).

Fonte: adaptado de Weier et al. (1982).

corola é simpétala (Ferri, 1973), tubulosa, de tubo comprido, formada por cinco lobos iguais de pétalas unidas, exceto na extremidade, formando o tubo da corola (Knowles, 1978).

O androceu é o órgão que abriga as estruturas masculinas da flor e é formado por cinco estames, encimados pelas anteras unidas, mas de filetes livres, formando um tubo, conhecidos como sinantéricos, que é atravessado pelo estilete (Joly, 1993).

O gineceu é o órgão que abriga as estruturas femininas da flor. É formado por um ovário ínfero, bicarpelar, unilocular e uniovulado, que se prolonga formando um estilete alongado, acima do qual se abre o estigma bifido (Lawrence, 1951). O estigma é a região do carpelo receptiva ao grão de pólen, que após germinar, desenvolve o tubo polínico através do estilete, em direção ao ovário, atravessa a micrópila do óvulo, lançando no seu interior duas células espermáticas; uma se funde com a oosfera, originando o zigoto e a outra se une aos núcleos polares, formando o endosperma e, assim, formará uma semente (Cutter, 1987).

## **Fruto**

O fruto é o resultado do processo do desenvolvimento do ovário (Ferri, 1977). O pericarpo, que é a parede do ovário, e parte do fruto, divide-se em três partes: epicarpo, mesocarpo e endocarpo.

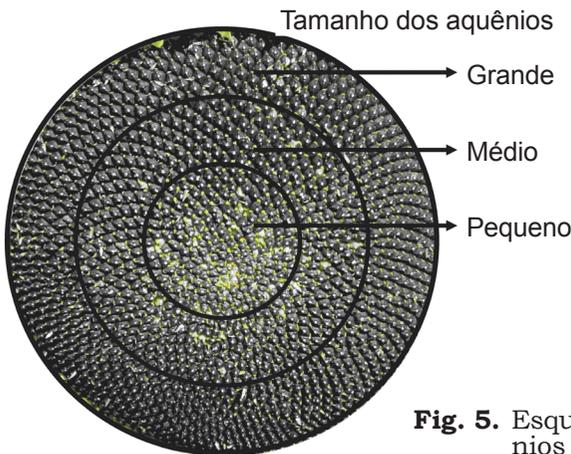
O girassol produz um pseudofruto seco, proveniente de um ovário ínfero e de um pistilo dicarpelar, conhecido como aquênio. O aquênio é um fruto indeiscente, que possui uma só semente, ligada à parede do fruto (pericarpo) por apenas um ponto, o funículo (Esau, 1974).

No girassol, o pericarpo é uma casca fibrosa e sua proporção em relação ao aquênio afetará grandemente o teor de óleo. Aquênios com casca grossa e desgrudada das amêndoas produzem menor teor de óleo que a condição contrária. De modo geral, semente clara ou clara estriada está relacionada ao menor teor de óleo, enquanto semente negra ou negra estriada, a maior teor de óleo (Weiss, 1983). A relação casca/amêndoa é uma característica do híbrido ou variedade. Contudo, o mau enchimento dos aquênios modifica seriamente essa relação, tendo em vista que, independente do enchimento dos aquênios, o pericarpo se forma (Seiler, 1997), dando origem aos grãos chochos.

Após a fecundação, o óvulo sofre uma série de modificações para constituir a semente, conhecida como amêndoa, que tem grande concentração

de óleo e proteínas e apresenta dois cotilédones. A semente divide-se em três partes: tegumento, endosperma e embrião (Esau, 1974). O tegumento do girassol é delgado e constitui o envoltório da amêndoa. A amêndoa é a parte mais importante da semente, constituída de endosperma oleaginoso (tecido de reserva que contém substâncias oleaginosas e protídeos) e pelo embrião, formado por um eixo embrionário dividido em duas partes: radícula e caulículo. O caulículo, por sua vez, divide-se em duas outras porções: hipocótilo e epicótilo, com base na inserção dos cotilédones (Carvalho & Nakagawa, 1980). Em função dos principais compostos orgânicos de reservas armazenados (óleos e proteínas), a semente de girassol é classificada como aleuro-oleaginoso.

Devido ao modelo de distribuição e da abertura das flores dentro do capítulo, que ocorre de forma centrípeta, os aquênios surgidos primeiramente, na periferia, são maiores e mais pesados do que os crescidos no centro do capítulo (Fig. 5). Isso ocorre não só pelo maior espaço para os aquênios se desenvolverem, como também pelo maior tempo para o enchimento dos mesmos (relação fonte/dreno), possibilitando maior suprimento de nutrientes e água (Alkio et al., 2003).



**Fig. 5.** Esquema de distribuição dos aquênios no capítulo.

Trabalho desenvolvido por Castro (2005, dados não publicados) com alguns genótipos demonstrou que o teor de óleo tem uma dinâmica contrária ao tamanho e ao peso de 1000 aquênios. Os aquênios formados na periferia são maiores e têm maior peso, porém menor teor de óleo que os formados no centro do capítulo (Tabela 2). Aparentemente, é um comportamento contraditório, tendo em vista que o óleo está, basicamente, conti-

**Tabela 2.** Peso de 1000 aquênios, teor de óleo e porcentagem de casca de girassol em função da posição do aquênio no capítulo.

Genótipo		Peso 1000 (g)	Teor óleo (%)	Casca (%)
Embrapa 122	Periferia	70,6	39,83	25,7
	Meio	66,8	40,65	21,7
	Centro	53,4	41,30	17,3
Helio 251	Periferia	63,0	38,77	31,7
	Meio	56,5	42,77	24,6
	Centro	45,0	45,64	19,3
Helio 362	Periferia	73,23	38,94	28,8
	Meio	63,78	39,35	26,4
	Centro	49,88	39,44	25,5
Agrobel 960	Periferia	58,52	42,79	24,5
	Meio	44,94	45,52	23,2
	Centro	37,39	47,91	21,2
BRHS 09	Periferia	54,55	38,55	34,3
	Meio	40,18	40,15	30,6
	Centro	32,21	41,79	29,2

Fonte: Castro (dados não publicados, 2005).

do na amêndoa. Desse modo, aquênios maiores da periferia têm maior volume e superfície de casca, comparado com os aquênios menores do centro. Assim, com a redução do tamanho de aquênio, dentro de um mesmo capítulo, ocorre uma diminuição muito maior do volume da amêndoa, medida em  $\text{mm}^3$ , que a diminuição da superfície de casca, medida em  $\text{mm}^2$ . Analisando-se por este aspecto, os grãos maiores, da periferia, deveriam possuir maior teor de óleo, pois possuem maior volume de amêndoa. Contudo, além da relação casca/amêndoa, que é menor nos aquênios menores formados no centro do capítulo do que nos aquênios formados na periferia, as cascas dos aquênios formados no centro do capítulo são mais finas.

Outra questão que reforça a explicação do maior teor de óleo nos aquênios formados no centro do capítulo, é a concentração ligeiramente superior de óleo nas amêndoas (sementes) do centro do capítulo.

Além de ser o meio pelo qual as plantas se dispersam e perpetuam a espécie, a semente é, de modo geral, também fonte básica de alimento e de combustível, acompanhando a evolução do homem desde os primórdios

da espécie humana, quando os primeiros hominídeos vagavam a procura de alimentos, até a atualidade, através de lavouras comerciais e de plantas melhoradas, quando além de fonte de proteínas e carboidratos, vêm se mostrando como uma promissora opção para a produção de energia, como subproduto para a produção de biocombustíveis renováveis.

Na Tabela 3, são apresentadas algumas características quantitativas e morfológicas do girassol. As diferenças são devido às características intrínsecas de cada genótipo, que são grandemente influenciadas pelas diferentes condições ambientais e pelo manejo adotado para o cultivo do girassol.

**Tabela 3.** Variação de características agrônômicas do girassol.

Caracteres	Unidade	Amplitude de variação
Ciclo vegetativo	dias	65 a 155
Início do Florescimento	dias	40 a 80
Altura de planta	cm	70 a 400
Diâmetro de caule	mm	10 a 80
Número de Folhas	nº	20 a 40
Comprimento das folhas	cm	10 a 50
Largura das folhas	cm	5 a 55
Comprimento de pecíolo	cm	5 a 35
Diâmetro de capítulo	cm	7 a 40
Número de flores	nº	1000 a 4000
Número de aquênios	nº	300 a 2500
Comprimento dos aquênios	mm	5 a 30
Largura dos aquênios	mm	3 a 15
Teor de óleo nos aquênios	%	28 a 60
Teor de óleo nas amêndoas	%	57 a 70
Porcentagem de casca	%	20 a 45
Peso de 1000 aquênios	g	30 a 100
Relação de ácidos graxos oléico/linoléico	–	1/4 a 8/1*
Relação ácido graxo saturado/insaturado	–	1/6

\* High oleic

## **Fases de desenvolvimento da planta de girassol**

O desenvolvimento do girassol entre a semeadura e a maturação fisiológica é uma seqüência de alterações morfológicas e fisiológicas na planta, sendo convenientemente consideradas como fases fenológicas, separadas por estádios fenológicos (Connor & Hall, 1997).

A importância de adotar uma escala de identificação das fases de desenvolvimento do girassol deve-se ao fato de que o período de desenvolvimento das várias fases é influenciado por condições ambientais e genóticas, dificultando ou mesmo impedindo a comparação entre plantas, por etapas cronológicas. Assim, muitas práticas culturais que requerem o conhecimento de uma fase específica para seu melhor emprego, como aplicação de adubação de cobertura, de herbicida pós-emergente ou a coleta de folhas para análise de tecido, entre outras, podem ser adequadamente executadas quando se refere, de forma precisa, a essa fase.

Apesar da existência de várias escalas para descrever o desenvolvimento fenológico do girassol, neste livro é adotada a escala proposta por Schneiter & Miller (1981), em que o desenvolvimento da planta é dividido em duas etapas: vegetativa (V) e reprodutiva (R).

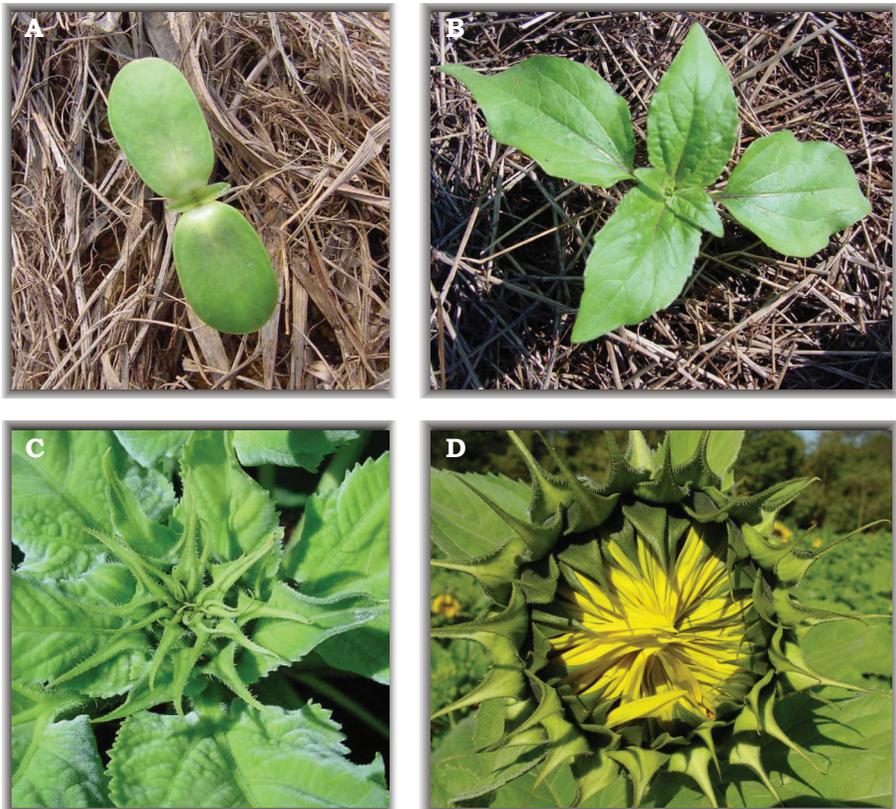
### **As fases de desenvolvimento são:**

**Período vegetativo:** esta fase começa com a emergência das plântulas e termina com o início do aparecimento da inflorescência (botão floral). Após a emergência, as fases são definidas em função do número de folhas.

- **V E** (emergência): o hipocótilo se eleva e os cotilédones emergem na superfície do solo, finalizando com o primeiro par de folhas verdadeiras menores que 4,0 cm de comprimento (Fig. 6 A).
- **V (N)**: caracteriza-se pelo aparecimento de folhas verdadeiras e pode ser definido pelo número de folhas, com o mínimo de 4,0 cm de comprimento, começando com V1, V2, V3, V4, VN (Fig. 6 B). Com o desenvolvimento das plantas, vários fatores podem ocasionar perdas de folhas como, seca, pragas e doenças, entre outros. Assim, para efeito de contagem e determinação da fase, deve-se levar em consideração, também, o número de folhas ausentes.

**Período reprodutivo:** Esta etapa começa com o aparecimento da inflorescência (broto floral) e termina com a maturação da planta.

- **Fase R1:** a inflorescência circundada pela bráctea imatura torna-se visível. Nesse momento, olhando a planta de cima, as brácteas imaturas apresentam muitas pontas, parecidas com uma estrela (Fig. 6 C). Não se deve confundir o broto floral com o broto de folhas, que ainda caracteriza a fase vegetativa.
- **Fase R2:** o internódio imediatamente abaixo da base da inflorescência alonga-se de 0,5 a 2,0 cm acima da folha mais próxima da inflorescência, inserida no caule. Algumas plantas podem ter brácteas adventícias na base do capítulo, as quais devem ser desconsideradas na descrição dessa fase.
- **Fase R3:** o internódio imediatamente abaixo do botão reprodutivo continua a se alongar, distendendo-se mais de 2,0 cm acima da folha mais próxima da inflorescência, inserida no caule.



**Fig. 6.** Fase V E (emergência) (A), fase V4 (B), fase R1 (C) e fase R4 (D).

- **Fase R4:** a inflorescência começa a abrir. É quando pequenas flores liguladas são visíveis e, freqüentemente, amarelas (Fig. 6 D).
- **Fase R5:** essa fase é o início da antese. As flores liguladas estão completamente expandidas e todo o disco das flores está visível (Fig. 7 A). Esta fase pode ser dividida em sub-fases, dependendo da área do capítulo, com a fecundação das flores tubulares completas ou em antese. Se 50% das flores do disco estão fertilizadas ou em antese, é a fase R5.5 (Fig. 7 B). Se 80% das flores do disco estão fertilizadas ou em antese, é a fase R5.8.
- **Fase R6:** a antese está completa e as flores liguladas perderam a turgidez e estão murchando. As flores liguladas podem não murchar e a abscisão ocorrer imediatamente (Fig. 7 C)
- **Fase R7:** o dorso do capítulo torna-se amarelo-claro. O amarelecimento

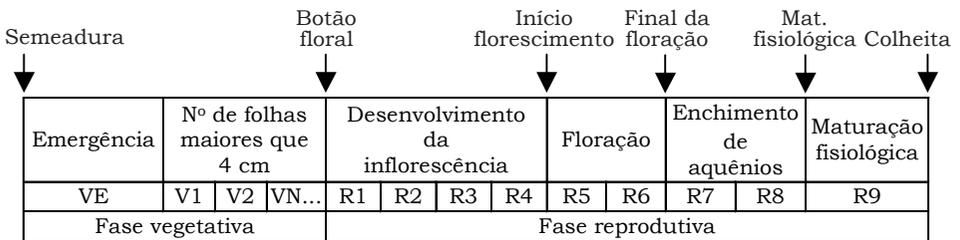


**Fig. 7.** Fase R5 (A), fase R5.5 (B), fase R6 (C) e fase R9 (D).

pode iniciar pelo centro do dorso do capítulo, próximo a base do receptáculo ou pelas bordas, adjacente às brácteas.

- **Fase R8:** o dorso do capítulo torna-se amarelo, porém as brácteas permanecem verdes. Alguns pontos castanhos podem aparecer no dorso do capítulo.
- **Fase R9:** as brácteas adquirem a coloração entre amarela a castanha. Nesse ponto, grande parte do dorso do capítulo torna-se castanho. Esta fase é, geralmente, considerada como maturação fisiológica (Fig. 7 D).

Para melhor entendimento das diferentes fases de desenvolvimento do girassol, visando a aplicação prática em condições de campo para avaliação de lavouras, na Fig. 8 é apresentado um esquema baseado na descrição das fases de desenvolvimento definidas por Schneiter & Miller (1981).



**Fig. 8.** Descrição esquemática das fases de desenvolvimento do girassol, segundo Schneiter & Miller (1981).

### Exigências climáticas

O girassol é uma cultura que se adapta bem a diversos ambientes (Robinson, 1978), podendo tolerar temperaturas baixas e períodos de estresse hídrico. Com relação à reação ao fotoperíodo, o girassol é classificado como espécie insensível. Esse comportamento pode ser verificado pela ampla dispersão, no território nacional, dos híbridos e variedades testadas na Rede de Ensaios de Avaliação de Genótipos de Girassol, analisando os resultados obtidos desde o Rio Grande do Sul até Roraima (Informes, 2004; Smiderle et al., 2004). Entretanto, alguns cultivares comportam-se como plantas de dia curto e outras como de dia longo.

O déficit hídrico é o principal fator limitante para o desenvolvimento das culturas em solos agricultáveis (Boyer, 1982). Constitui-se, ainda, na maior

causa de variabilidade dos rendimentos de grãos observados de um ano para outro, nas diversas regiões produtoras brasileiras, contribuindo para limitar a obtenção de elevadas produtividades. Quedas nos rendimentos de grãos em função da falta de água, são freqüentes, principalmente nos Estados do Centro-Sul do País, causando enormes prejuízos econômicos e sociais (Farias, 2004). No entanto, o girassol é freqüentemente cultivado em condições não irrigadas e, apesar de ser considerado tolerante à seca, em situações de limitada disponibilidade de água às plantas, a produção de grãos pode ser afetada drasticamente.

Os principais fatores que afetam a fisiologia das plantas e interagem para a produção das culturas podem ser agrupados em quatro grandes grupos, compondo o sistema solo-planta-atmosfera. O conhecimento dos mecanismos de ação e de interação entre esses fatores possibilita aumentar a eficiência de sobrevivência e de produção das plantas.

- Fatores climáticos: água, luz (radiação solar), temperatura, fotoperíodo e ventos;
- Fatores edáficos: propriedades químicas e físicas do solo e topografia;
- Manejo da cultura: estratégia de adubação, arranjo de plantas, população de plantas, controle de invasoras e fitossanitário, entre outras;
- Genótipo: potencial de produção, adaptabilidade ao ambiente.

Como é praticamente impossível controlar o clima, pode-se, entretanto, escolher épocas com melhores condições climáticas para o desenvolvimento do girassol. Para tanto, com base no histórico climático da região, duas condições devem ser respeitadas para avaliar a viabilidade de cultivo e para definir a melhor época de semeadura do girassol: adequadas temperaturas reinantes durante toda a estação de crescimento da cultura e suficiente suprimento de água, principalmente, durante as fases de desenvolvimento da planta mais sensíveis à ocorrência de déficits hídricos. Nesse sentido, o zoneamento agroclimático do girassol tem contribuído para a indicação de épocas de semeadura com menor risco climático à cultura, considerando o regime normal de precipitação pluviométrica de cada local, a capacidade de água disponível (CAD) (como resultado das características hídricas do solo e da profundidade efetiva do sistema radicular), o consumo hídrico pela cultura do girassol nas diferentes fases de crescimento e o ciclo das cultivares (Farias et al., 2001).

Ventos fortes, além de provocar grande evaporação e perda de água, podem tombar ou até mesmo quebrar a planta de girassol, em qualquer fase

de desenvolvimento. A ocorrência de granizo também é altamente prejudicial, com efeitos variando conforme tamanho, velocidade de queda, tempo de duração e fase de desenvolvimento da planta.

Outra questão para o sucesso da exploração da cultura trata da escolha de solos que possibilitam o desenvolvimento das raízes. Para tanto, a saturação de alumínio do solo deve ser inferior a 5% (Blamey et al., 1987) e não existir camadas de impedimento para o crescimento das raízes.

### **Efeito da temperatura no desenvolvimento das plantas**

Em solos com aeração e disponibilidade hídrica adequadas, a temperatura é o fator mais limitante à germinação da semente de girassol. A germinação é inibida com temperaturas do solo menores que 3°C a 4°C. A velocidade de germinação aumenta exponencialmente de 3°C a 30°C, e é mantida máxima com temperaturas entre 6°C a 23°C, decrescendo rapidamente com temperaturas acima de 25°C. Temperaturas acima de 37°C a 40°C prejudicam sensivelmente a germinação (Macchia et al., 1985; Gay et al., 1991) e as sementes não germinam com 45 °C (Corbineau et al., 2002). Temperaturas baixas durante a germinação atrasam a emergência, retardam o estabelecimento radicular e induzem a formação de plântulas pequenas. Ao atrasar a emergência, expõem a semente em germinação ao ataque de patógenos e pragas presentes no solo. Em cultivos realizados no Rio Grande do Sul, principalmente semeados no mês de julho, a emergência das plantas pode estender-se em até 15 dias, enquanto que em Roraima, semeados em junho/julho, a emergência pode ocorrer já a partir de três dias após a semeadura.

Vários autores citam como temperatura base para o girassol valores entre 4°C a 8,5 °C (Robinson et al., 1967; Sadras & Hall, 1988; Merrien, 1992; Villalobos & Ritchie, 1992). A temperatura base de uma cultura é definida como a temperatura abaixo da qual a planta não se desenvolve ou, quando o faz, é em proporções muito reduzidas. O conceito de graus-dia baseia-se no fato de que a planta necessita de determinada quantidade de energia, representada pelo somatório de temperaturas acima de um valor base, para completar determinada fase fenológica ou mesmo o ciclo total (Massignam, 1987).

Temperaturas altas prejudicam o desenvolvimento da planta, principalmente em condições de baixa disponibilidade hídrica. O girassol desenvolve-se bem em temperaturas variando entre 20°C e 25°C, embora estudos

em condições controladas indicam que 27°C a 28°C parecem ser as temperaturas ótimas (Warren-Wilson, 1966), o que está de acordo com Robinson (1978) e Unger (1990), os quais citam que a temperatura ótima para o desenvolvimento do girassol situa-se na faixa entre 27°C a 28°C. A faixa de temperatura entre 8°C a 34°C é tolerada pelo girassol, sem redução significativa da produção, indicando adaptação da cultura a regiões com dias quentes e noites frias (Weiss, 1983). Temperaturas elevadas e tempo seco aceleram a floração e, ocasionalmente, dificultam uma polinização adequada. Segundo Weiss (1983), em regiões tropicais, as abelhas podem diminuir suas atividades em função das altas temperaturas. Com 35°C de temperatura, ou acima dessa, a coleta de pólen ou néctar tende a ser progressivamente reduzida, devido à necessidade da coleta de água pelas abelhas para reduzir a temperatura da colméia. Contudo, flutuações de temperaturas, com quedas bruscas durante o florescimento, reduzem a atividade das abelhas e a própria viabilidade do grão de pólen, ocasionando falhas na polinização, com conseqüente redução do número de aquênios por capítulo. Nesse caso, ao contrário dos problemas relacionados à falta de boro, água ou característica do genótipo, a falha na polinização é distribuída no capítulo.

As plantas podem suportar temperaturas baixas por curto período, principalmente nas fases iniciais de desenvolvimento até quatro a oito folhas (Barni et al., 1985., Robinson, 1978). Abaixo de 4°C a 5°C, considera-se que o girassol não apresenta atividade fisiológica. Apesar de temperaturas baixas não matarem a planta, podem provocar distúrbios fisiológicos. Temperaturas baixas, durante o desenvolvimento inicial, podem causar deformação das folhas e danificar o ápice da planta, com morte da gema apical ou provocando algumas anomalias, como ramificação da inflorescência (Fig. 9). O maior efeito visual da temperatura dá-se sobre a taxa de desenvolvimento, originando plantas menores, com menor área foliar, menor número de grãos e, conseqüentemente,



**Fig. 9.** Ramificação da inflorescência causada pelo frio.

menor potencial produtivo. Temperaturas baixas, tempo nublado e úmido prolongam o ciclo da cultura, atrasando a floração e a maturação.

Baixas temperaturas durante a floração podem afetar significativamente o rendimento, não só pela perda da capacidade reprodutiva do grão de pólen, como pela redução da atividade das abelhas, o que pode reduzir significativamente o número de aquênios.

A relação entre a concentração de ácido oléico e linoléico é controlada pelas condições ambientais, principalmente temperatura, e genotípicas (Connor & Hall, 1997, Roche et al., 2004). Assim, existe uma forte relação entre a temperatura e o grau de insaturação dos ácidos graxos. O girassol cultivado em condições de menores temperaturas durante o período de síntese de óleo possibilita o aumento do teor do ácido graxo linoléico, enquanto reduz o de oléico (Harris et al., 1978; Silver et al., 1984; Kabbaj et al., 1996; Castiglioni et al., 1997; Hasan & Ahmad, 2003). Alta temperatura, principalmente à noite, tem sido identificada como o principal fator ambiental, reduzindo a relação entre ácido linoléico/oléico (Silver et al., 1984). Temperaturas elevadas durante a formação dos grãos afetam mais seriamente a composição de ácidos graxos do que o conteúdo de óleo. Temperaturas acima de 35°C reduzem o teor de óleo. Contudo, os teores de óleo do girassol cultivado nos Cerrados de Roraima, em que o ciclo é reduzido para cerca de 76 dias, alcançam até 50,0 % (Smiderle et al., 2001), não sendo seriamente afetados pelas elevadas temperaturas observadas na região (temperaturas médias e máximas no florescimento e enchimento de aquênios de 24°C e 30°C, respectivamente). No entanto, a composição de ácidos graxos pode ter sido fortemente afetada, com redução do teor de ácido linoléico e aumento do ácido graxo oléico.

A duração das fases de desenvolvimento do girassol é altamente dependentes da temperatura reinante. Segundo Massignam (1987), a temperatura é a variável com maior influência na duração das fases da emergência à floração do girassol.

Apesar da redução do ciclo do girassol cultivado nos Cerrados de Roraima em até 49 dias, em relação aos cultivos no Paraná, os teores de óleo não foram afetados com a mesma intensidade (Smiderle et al., 2002). Essa redução do ciclo da cultura está de acordo com o conceito de graus-dia, da quantidade de energia necessária para completar o ciclo da cultura. Essas características são interessantes quando se vislumbra a possibilidade de utilização do girassol, com ciclo reduzido e teor de óleo elevado, para sua utilização não só na indústria alimentícia, como também para a produção de biocombustível. Essa opção torna-se atraente quando se conhece a

potencialidade de utilização dessa fonte energética renovável e a falta de energia nas condições amazônicas.

## **O girassol e a água**

A variabilidade na disponibilidade hídrica durante a estação de crescimento é a principal limitação à expressão do potencial de rendimento das culturas, independentemente do ciclo da cultivar, da época de semeadura e do local. Todavia, há variabilidade entre as regiões e as épocas, existindo aquelas onde as magnitudes das perdas do potencial de rendimento, por falta de água à cultura, são maiores. Características do clima e do solo são as principais responsáveis pelas diferenças regionais dos impactos da ocorrência de deficiência hídrica nas culturas, particularmente, em função da capacidade de armazenamento de água disponível no solo, do regime pluviométrico e da demanda evaporativa da atmosfera (Farias, 2005).

Para tolerar períodos de seca, as plantas utilizam uma série de mecanismos. Tais mecanismos variam entre espécies e dizem respeito a tolerar, escapar e evitar o déficit hídrico. No primeiro caso, a planta sobrevive sob elevados déficits hídricos internos; no segundo, a planta completa o ciclo antes de períodos de seca e, no terceiro, a planta mantém um potencial elevado de água nos tecidos, mesmo sob condições adversas. Dentre os mecanismos mais importantes para tolerar a seca, estão o aprofundamento e a distribuição do sistema radicular, a morfologia e a arquitetura das folhas, envolvendo processos de murchamento e redução da área foliar, e algumas características fisiológicas das plantas, como ajuste osmótico, eficiência de translocação de fotoassimilados para os grãos (índice de colheita) e adaptação do ciclo de desenvolvimento das plantas. Muitos desses mecanismos têm forte base molecular, merecendo, atualmente, destaque os trabalhos de identificação de genes que conferem maior tolerância à falta de água, para posterior transformação de plantas.

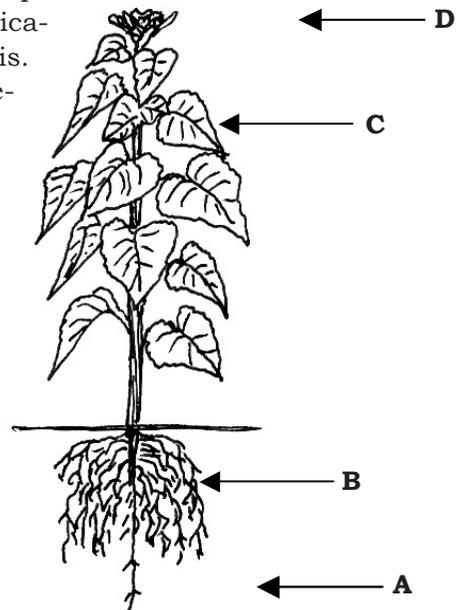
## **Déficit hídrico**

O déficit hídrico é geralmente entendido como a presença de um período mais ou menos prolongado de falta de água, como os veranicos ocasionais durante o ciclo da cultura na safra principal, ou aqueles ocorrentes na safrinha, em que a semeadura e as primeiras fases de desenvolvimento dão-se com boa disponibilidade de água e o final do ciclo da planta coincide com o final das chuvas. Contudo, o melhor entendimento é que o déficit hídrico ocorre a partir de um balanço negativo entre a quantidade de água

absorvida pela planta e a quantidade perdida por transpiração. Portanto, não é necessária a ocorrência de um período prolongado sem chuvas para que a planta sofra déficit. Assim, mesmo com água livre à disposição das raízes, nas horas de maior demanda transpiratória, a planta exibe sintomas típicos da falta de água, como folhas enroladas e perda de turgor.

A transpiração não é um processo constante, variando com a espécie vegetal, fase de desenvolvimento da planta, características e disponibilidade hídrica do solo, e com as condições climáticas, que definem a demanda evaporativa da atmosfera (DEA). De modo geral, durante a maior parte do dia, a perda de água por transpiração é maior do que a absorção de água pela planta, ou seja, a velocidade com que a planta perde água é maior do que ela consegue absorver, gerando pequenos déficits internos, que comumente se expressam através de murchamento das folhas, nas horas mais quentes do dia, com pico ao redor do meio dia (Kramer & Boyer, 1995). Simplificadamente, o fluxo da água do solo para as raízes e das folhas para a atmosfera não é determinado unicamente pelos gradientes de potenciais.

O processo envolve outras forças (resistências) que dificultam o movimento da água ao longo de todo o sistema. Nesse processo, cada parte do sistema solo-planta-atmosfera apresenta resistências específicas, controlando o fluxo da água que se move, espontaneamente, em direção às regiões que apresentem valores de potencial hídrico ( $\psi$ ) mais negativos (Fig. 10). Enquanto a diferença de potencial hídrico entre o solo e o interior das raízes está em torno de 0,1 MPa, a diferença entre o interior da folha e o ar circundante da folha é de aproximadamente 90 MPa (Taiz & Zeiger, 1998). À noite, a planta repõe essa defasagem de água, recuperando a turgidez dos tecidos, a qual pode ser observada nas primeiras horas do dia.

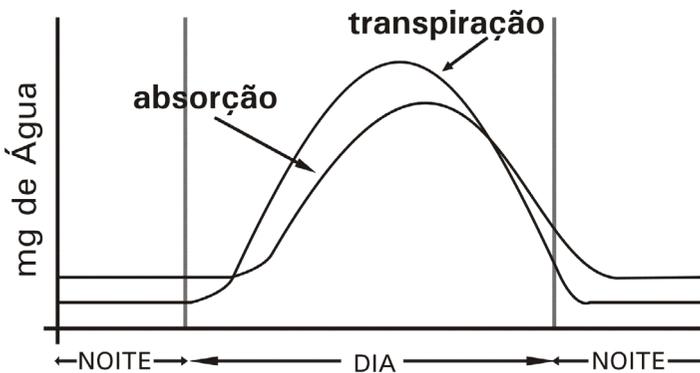


**Fig. 10.** Movimento da água no sistema solo-planta-atmosfera (A:  $\psi$  do solo, B:  $\psi$  das raízes, C:  $\psi$  das folhas, D:  $\psi$  da atmosfera).

Fonte: Adaptado de Taiz & Zeiger (1998).

Assim, o princípio básico da transpiração obedece ao gradiente do maior potencial da água no solo para o menor potencial da água na atmosfera ( $\psi_{\text{solo}} > \psi_{\text{das raízes}} > \psi_{\text{das folhas}} > \psi_{\text{da atmosfera}}$ ).

O fenômeno pode ser melhor compreendido quando se conhece que, ao longo do dia, tanto a absorção de água quanto a transpiração sofrem modificações em função, principalmente, da radiação solar, da velocidade do vento, da temperatura e da umidade relativa do ar, que vão modificando a demanda evaporativa da atmosfera e, conseqüentemente, a perda de água por transpiração (Fig. 11).



**Fig. 11.** Evolução da transpiração e da absorção de água nas folhas.

Fonte: adaptado de Kramer & Boyer (1995).

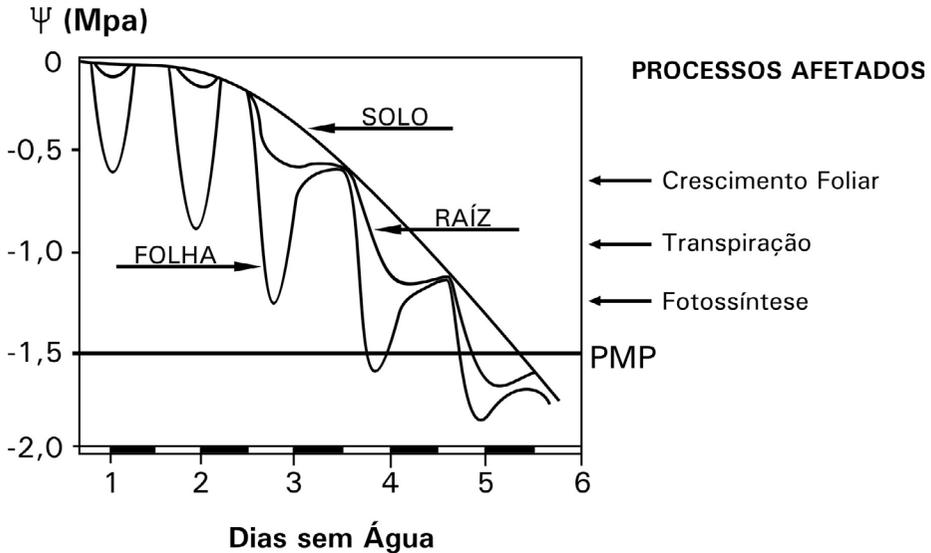
Assim, no início do dia, quando a planta está submetida a temperaturas moderadas e à baixa demanda transpiratória, a absorção de água supera a perda por transpiração na forma de vapor e, portanto, apresenta um balanço hídrico positivo, deixando as células túrgidas. Posteriormente, com o decorrer do dia, no período compreendido entre 3-4 horas antes e depois do meio dia, as folhas sofrem a ação das variações ambientais, como a intensa incidência de radiação solar e o aquecimento excessivo, aumentando consideravelmente a transpiração, a qual gera um balanço hídrico negativo (Reichardt, 1985). Com isso, as células perdem a turgidez, mesmo com o solo bem suprido de água. Nesse período, para reduzir a perda de água, é comum o fechamento parcial ou total dos estômatos, o murchamento das folhas e outros movimentos foliares. Nas últimas horas da tarde e à noite, a demanda atmosférica diminui e o balanço hídrico volta a ser positivo, com a planta recuperando o estado de turgescência. A redução da disponibilidade de água por um período curto de tempo não

promove nenhuma injúria às células e a planta recupera todas suas funções quando reidratada. Esse comportamento, típico da variação do balanço hídrico de uma planta ao longo do dia, é apresentado na Fig. 11.

Boyer (1970) observou que a expansão celular foi consideravelmente mais afetada que a fotossíntese, em baixo potencial hídrico das folhas. A completa supressão do crescimento foliar do girassol ocorreu com potencial hídrico da folha abaixo de  $-0,4$  MPa. Dessa maneira, a grande inibição de crescimento em girassol, em tais potenciais, pode resultar em pequena expansão foliar durante o dia, mesmo em solos com alto conteúdo de água. Contudo, se a situação anterior, que ocorre normalmente durante o dia, persistir durante um período mais ou menos prolongado de dias sem reposição hídrica (chuvas ou irrigação), com constante retirada de água pela planta, ocorrerá o secamento do solo, tornando disponível, gradativamente, menor quantidade de água às plantas. Com o secamento, a água disponível no solo ficará retida cada vez mais fortemente pela matriz do solo, exigindo das raízes maior força para vencer a retenção da água e poder absorvê-la.

Caso não haja reposição de água no solo, a partir de certo ponto, a planta não conseguirá recuperar sua condição hídrica ideal durante a noite, aumentando a deficiência dia após dia. Dependendo da duração e da intensidade desse déficit, processos fisiológicos e metabólicos importantes poderão ser afetados, com sérios prejuízos ao desenvolvimento das plantas e à obtenção dos rendimentos. Quanto mais seco o solo, mais difícil e menor é a absorção de água pelas plantas, até atingir uma tensão de umidade do solo em que as plantas não conseguem mais absorver a água ali presente (Slatyer, 1967). Quanto maior a demanda evaporativa da atmosfera, maior é o consumo de água pela planta e, conseqüentemente, mais rapidamente se dá o secamento do solo. Assim, se essa situação permanecer por muito tempo, o déficit hídrico aumenta até alcançar o ponto de murcha permanente ( $-1,5$  MPa), onde teoricamente não há mais recuperação da planta.

Na Fig. 12, é possível observar o comportamento hídrico do solo e da planta, em função da não reposição de água, característico em cultivos de safrinha, quando não se respeitam as indicações do zoneamento de risco climático. À medida que o solo perde água e a condutividade hidráulica é pequena, tanto a raiz quanto a folha demoram mais tempo para restabelecer o equilíbrio hídrico, que ocorre, tanto às expensas do movimento ascendente da água no solo, por capilaridade, quanto pela menor evapotranspiração que acontece principalmente à noite e no início e no final do dia. Assim, o fluxo de água do solo para as raízes pode não suprir a de-



**Fig. 12.** Relação de potenciais entre solo, raiz e folha ao longo do tempo.  
Fonte: adaptado de Slatyer (1967).

manda total das plantas. Nesse caso, a turgescência diminui, devido à perda de água para a atmosfera e a menor absorção, provocando o fechamento dos estômatos (Reichardt, 1985).

A grande diferença de potenciais entre a raiz e a folha é devido, principalmente, aos efeitos da temperatura. Durante o período de seca, o ar que rodeia a folha está quente e seco, apresentando, portanto, um comportamento altamente higroscópico. A folha aquecida precisa perder água por transpiração para reduzir sua temperatura. A perda de água ocorre basicamente através dos estômatos e, em menor parte, através da cutícula. A folha entra em um estado de murcha temporário até que as raízes possam vencer o potencial de retenção da água do solo, que é cada vez mais negativo, e restabelecer a turgescência das células da folha (Hale & Orcutt, 1987). Nessa situação, ao contrário do déficit que ocorre durante o dia, a falta de água se traduz em alterações metabólicas que, em função da magnitude, levam ao aparecimento de injúrias e à redução significativa da produção.

Hsiao (1973) estipulou como déficit suave, aquele em que os decréscimos do potencial hídrico das folhas não ultrapassassem o valor de -1,0 MPa ou que o conteúdo relativo de água dos tecidos não decrescesse mais que 10%. Déficit moderado ocorre quando decréscimos do potencial hídrico do

tecido variam de -1,1 a -1,5 MPa e a redução no conteúdo relativo de água esteja entre 10% e 20%. Plantas sob déficit severo apresentam variação no potencial hídrico das folhas inferior a -1,6 MPa e a redução no conteúdo relativo de água maior que 20%. Tecidos onde a variação do conteúdo relativo de água for superior a 50% são ditos dessecados.

Em dias ensolarados, sem forte advecção, folhas expostas de muitas culturas crescendo em solos bem irrigados exibem potencial hídrico ao meio-dia variando entre -0,9 e -1,3 MPa, e com um conteúdo relativo de água entre 85% e 95%. Entre a meia noite e o amanhecer, o potencial hídrico pode ser de -0,1 a -0,2 MPa e o conteúdo relativo de água atingir 100%. Quando há um óbvio murchamento ou pronunciado fechamento de estômatos induzido pelo déficit de água nas folhas, o potencial hídrico é reduzido para -1,3 a -1,7 MPa. Esse nível corresponde aproximadamente ao ponto em que o turgor celular cai para perto de zero. A queda para -3,0 a -3,5 MPa se equivale a um conteúdo relativo de água ao redor de 45%, resultando em morte das células (Hsiao & Bradford, 1983).

### **Consumo de água pelo girassol**

O consumo de água pelo girassol varia em função das condições climáticas, da duração do ciclo e do manejo do solo e da cultura. A necessidade de água para o girassol vai aumentando com o desenvolvimento da planta, partindo de valores ao redor de 0,5 a 0,7 mm/dia durante a fase da semeadura à emergência, para um máximo de 6 a 8 mm/dia, na floração e no enchimento de grãos, decrescendo após esse período até a maturação fisiológica (Fig. 13). Portanto, a ocorrência de déficit hídrico durante a floração e o enchimento de grãos afeta fortemente a produção de aquênios e o teor de óleo. Não obstante ao baixo consumo de água no início do ciclo, uma adequada disponibilidade de água durante o período da germinação à emergência é necessária para a obtenção de uma boa uniformidade na germinação e na emergência das plantas e, conseqüentemente, na população desejada de plantas.

As necessidades hídricas do girassol ainda não estão perfeitamente definidas, existindo informações que indicam desde menos de 200 mm até mais de 900 mm por ciclo (Unger, 1990). Entretanto, na maioria dos casos, 400 a 500 mm de água, bem distribuídos ao longo do ciclo, resultam em rendimentos próximos ao potencial máximo.

Segundo Vrânceanu (1977), as fases de desenvolvimento da planta mais sensíveis ao déficit hídrico são:



Fase vegetativa		Fase reprodutiva			
Germinação/ Emergência	Crescimento		Floração	Enchimento de aquênios	Maturação fisiológica
	Lento	Acelerado			
Duração: 4 a 10 dias Temp. 23°C Água/dia: 0,5 a 0,7 mm	Duração: 50 a 70 dias Temperatura 23 a 28°C Água/dia: 0,7 a 6,0 mm		Duração: 10 a 15 dias Temp. <35°C Água/dia: 6,0 a 8,0 mm	Duração: 20 a 30 dias Temp. 20 a 24°C Água/dia: 4,0 a 6,0 mm	Duração: 15 a 25 dias Período seco

**Fig. 13.** Representação esquemática da duração das principais fases de desenvolvimento do girassol, com as respectivas durações e exigências térmicas e hídricas.

a) do início da formação do capítulo (final da fase de diferenciação do receptáculo e formação das emergências florais) ao começo da floração: afeta mais fortemente o rendimento de aquênios; e

b) período imediatamente após a floração, quando ocorre o enchimento de aquênios: reduz fortemente a porcentagem e o rendimento de óleo.

Robelin (1967) destaca a máxima sensibilidade do girassol à seca 20 dias antes e 20 dias após a floração, período em que a ocorrência de déficit hídrico diminui consideravelmente a produção de aquênios e o conteúdo de óleo. A maior influência da seca sobre o conteúdo de óleo ocorre nos

primeiros 10 dias após o secamento das flores liguladas, sendo, portanto, essa fase a mais crítica para a quantidade e a qualidade da produção de girassol. Para Gómez-Arnau (1988), o período crítico quanto à necessidade de água no cultivo de girassol estende-se desde a fase em que o botão floral varia de três a cinco centímetros de diâmetro até 10 a 15 dias após o final da floração. Castro (1999) observou que as fases mais críticas à deficiência hídrica na cultura do girassol, afetando mais seriamente a produção, são o início do florescimento, seguido pelo enchimento de aquênios. Singh & Singh (2000) concluíram que o estresse hídrico nas fases de florescimento e enchimento de aquênios são as mais críticas para a planta.

Assim, de um modo bastante prático, considera-se como a fase mais crítica ao déficit hídrico o período compreendido entre cerca de 10 a 15 dias antes do início do florescimento e 10 a 15 dias após o final da floração (Castro et al., 1996).

Plantas sob estresse hídrico têm a absorção de água e nutrientes, a germinação de semente, o fechamento e a abertura estomatal, a atividade fotossintética, a transpiração, a atividade enzimática e vários outros processos metabólicos e fisiológicos afetados. Kramer (1983) observou que o estresse hídrico afeta vários aspectos do crescimento das plantas, incluindo o anatômico, o morfológico, o fisiológico e o bioquímico. O efeito geral mais óbvio referente à ocorrência de déficit hídrico é a redução do tamanho das plantas, área foliar e o rendimento das culturas. Cox & Jolliff (1986), trabalhando em três níveis de umidade, concluíram que, enquanto o índice de área foliar foi o parâmetro de crescimento vegetativo mais sensível ao déficit de água no solo, o número de sementes por planta foi o componente de rendimento mais afetado nas mesmas condições.

A maneira exata sobre como o déficit hídrico afeta o crescimento e o desenvolvimento da planta tem sido alvo de muitos debates. Há evidência de que o estresse hídrico afeta o crescimento através de mecanismos diretos e indiretos, alterando relações hormonais, nutricionais e a formação de carboidratos.

Para que uma planta tenha boas condições de sobreviver em regiões onde há pouca disponibilidade de água, ela deve ser capaz de manter um estado hídrico superior durante as horas mais críticas do dia, quando a demanda evaporativa da atmosfera é alta, estando isto associado a um sistema radicular bem desenvolvido.

O girassol, apesar de ser reconhecido como tolerante à seca, tem baixa eficiência no uso da água. Cada litro de água consumido produz menos

de 2 g de matéria seca (Unger, 1990; Mohr & Schopfer, 1995), enquanto o milho produz 4 g (Mohr & Schopfer, 1995).

Segundo Morizet & Merrien (1990), o girassol consome grande quantidade de água. No entanto, para Gómez-Arnau (1988), o girassol tem comportamento aparentemente contraditório quanto à baixa eficiência no uso da água. Essa baixa eficiência melhora muito em condições de déficit hídrico, já que sua eficiência relativa pode aumentar de 20% a 50%, porque a fotossíntese é reduzida, comparativamente menos que as perdas de água por transpiração. Por isso e pelo fato de que seu sistema radicular explora camadas muito profundas do solo, não exploradas por outros cultivos, o girassol pode ser considerado como uma planta que assegura algum rendimento, mesmo sob condições hídricas onde outras espécies cultivadas não produziram nada.

Estudos conduzidos por Oliveira (1997) demonstram o grande consumo de água pela cultura do girassol em condições de disponibilidade hídrica satisfatória. O autor, avaliando a transpiração pelo método de balanço de calor de plantas de girassol, milho, tomate e limão tahiti, em casa de vegetação, num período de 10 dias de avaliação, observou que a transpiração do girassol, na fase R5.5, foi destacadamente superior às das demais espécies, alcançando valores médios diários de 1449 g/dia, enquanto o milho atingiu valores de 513 g/dia, o tomate 285 g/dia e o limão tahiti de 661 g/dia.

A seca tem um profundo efeito no crescimento, no rendimento e na qualidade das plantas. O primeiro efeito do déficit hídrico é a perda de turgor que afeta as taxas de expansão celular e por último o tamanho celular. A perda de turgor é provavelmente o processo mais sensível das plantas no período de seca. Como resultado, há a redução do crescimento, da alongação do caule, da expansão foliar e da abertura dos estômatos (Hale & Orcutt, 1987).

O crescimento de uma parte do tecido celular é o aumento irreversível do tamanho da célula, em função do aumento da superfície de cada parede celular, que ocorre logo após ter acontecido o seu relaxamento, quando é restabelecido o turgor completo. Nos aspectos relacionados às plantas, muitos fatores influenciam a taxa de expansão da parede celular, como o tipo e a idade celular, assim como os hormônios (Taiz & Zeiger, 1998). Dentre os hormônios, a extrusão de prótons induzida por auxina desempenha importante função no afrouxamento da parede celular.

Assim, sob condições de déficit hídrico, ocorre perda de turgor das células na região de crescimento, em função da não absorção osmótica da água, que impede ou reduz o crescimento celular, independente da disponibili-

dade de nutrientes às plantas e, conseqüentemente, o desenvolvimento das plantas. Hopkins (1995) sugeriu que o crescimento celular poderia ser explicado com a fórmula:

$$TC = m (\Psi_p - Y)$$

Na fórmula, **TC** é a taxa de crescimento celular,  $\Psi_p$  é a pressão de turgor, **Y** é o limiar de amolecimento (a pressão abaixo da qual a parede celular resiste à deformação plástica ou irreversível) e **m** é o coeficiente de extensibilidade da parede celular (a reação da parede à pressão), que relaciona a taxa de crescimento à diferença de potencial entre  $\Psi_p$  e **Y** (Taiz & Zeiger, 1998). Estudos comprovaram que a falta de água afeta diretamente tanto a diminuição da extensibilidade quanto o aumento na resistência da parede. Resumidamente, a diminuição da resistência da parede celulósica e o crescimento celular são iniciados pela absorção osmótica da água, aumento do turgor na célula e afrouxamento bioquímico da parede celular, mediado pela auxina, que causa modificações químicas na parede celular, conhecida como hipótese do crescimento ácido.

Dessa maneira, constata-se o porquê não basta a aplicação ou a disponibilidade de todos os nutrientes essenciais às plantas, se não houver água suficiente para o crescimento das mesmas, como nos cultivos sob condições de déficit hídrico, comuns na safrinha, por exemplo. Outra questão é que, muitas vezes, a análise de tecido de plantas submetidas ao déficit hídrico pode conter quantidades classificadas como adequadas para as plantas, sem contudo a planta ter se desenvolvido adequadamente e produzido grãos.

Apesar dos grandes prejuízos advindos da ocorrência de adversidades climáticas, pouco ou quase nada se tem para apresentar como solução ao produtor nessas condições, sem que haja um aumento do custo de produção. Para minimizar os efeitos do déficit hídrico, indica-se semear apenas cultivares adaptadas à região e à condição de solo, em época recomendada e de menor risco climático, com adequada umidade em todo o perfil do solo e adotar práticas que favoreçam o armazenamento de água pelo solo (ex.: controle de ervas daninhas, aumento da matéria orgânica, semeadura direta, aumento da palhada, entre outras) e o aprofundamento do sistema radicular (Farias, 2005).

Assim, o manejo do solo, em sistema de rotação/sucessão de culturas, que privilegie não só os maiores ganhos de produtividades, como também o aporte de matéria orgânica e de nutrientes (Seção 12 - Manejo do Solo), e/ou o cultivo em solos com alta capacidade de armazenamento de água, permite às plantas resistir por maiores períodos sem chuvas.

Um aspecto importante para obtenção de altas produtividades pela cultura está relacionado à implantação das lavouras nas épocas indicadas pelo zoneamento agroclimático do girassol, o qual define as épocas e locais de semeadura com menor risco de déficit hídrico à exploração da cultura. Nas Figs. 14 e 15, são apresentados exemplos da indicação de épocas e locais com menor risco para a cultura do girassol, nos Estados do Paraná e de Goiás, respectivamente. As áreas favoráveis (em verde), em função das datas de semeadura, representam as regiões onde são menores os riscos de ocorrência de déficit hídrico durante as fases mais críticas à falta de água para a cultura do girassol. As áreas desfavoráveis (em vermelho) definem as regiões de alto risco de ocorrência de veranicos durante as fases críticas de desenvolvimento das plantas. Por outro lado, os períodos favoráveis de semeadura não indicam necessariamente, aqueles para a obtenção de maiores rendimentos de grãos, mas sim os períodos de menor probabilidade de frustração de safras por ocorrência de déficit hídrico. Além da disponibilidade hídrica, outros fatores como, por exemplo, a temperatura e a umidade relativa do ar favoráveis para a ocorrência de doenças, devem ser considerados para avaliar a viabilidade da exploração racional e econômica do girassol. Além disso, muitas áreas classificadas como intermediárias podem ser enquadradas como favoráveis, devido à adoção de práticas de manejo do solo e da cultura que propiciam maior

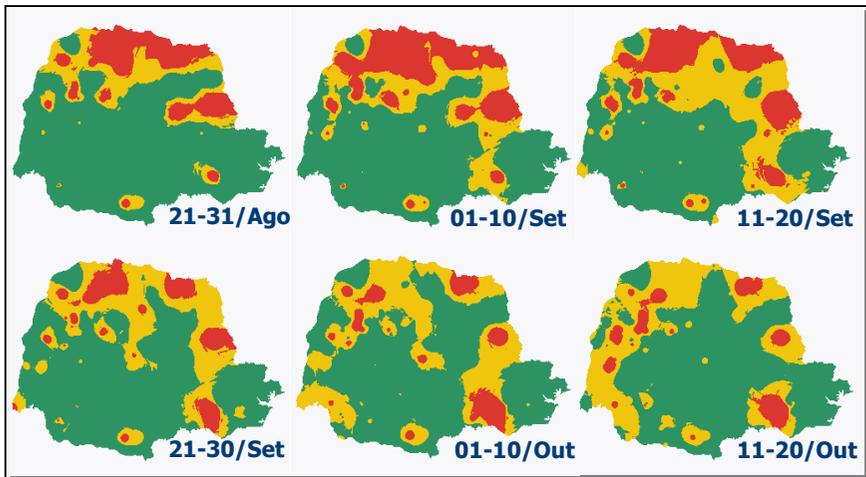
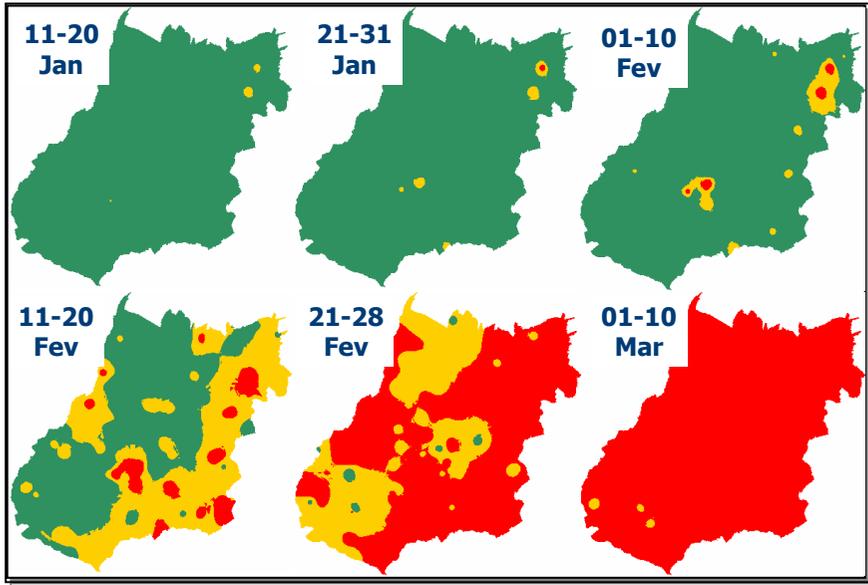


Fig. 14. Classificação do risco hídrico à cultura do girassol no Estado do Paraná, em seis épocas de semeadura, para cultivar com ciclo de 110 dias e capacidade de água disponível do solo de 75mm.

Fonte: Farias et al. (2001).

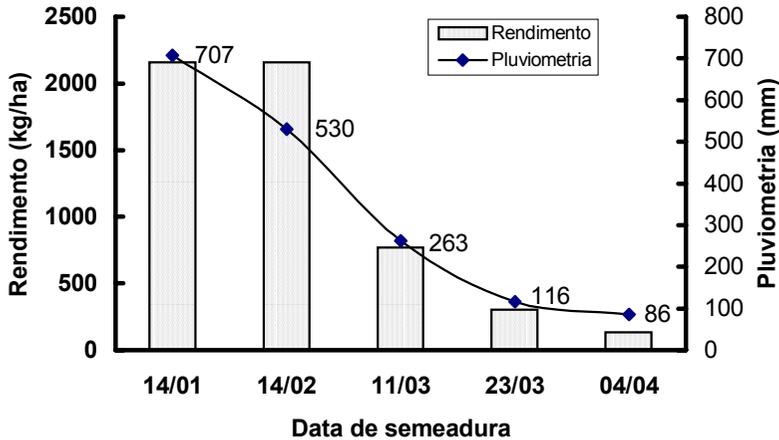


**Fig. 15.** Classificação do risco hídrico à cultura do girassol no Estado de Goiás, em seis épocas de semeadura, para cultivar com ciclo de 105 dias e capacidade de água disponível do solo de 90mm.

Fonte: Farias et al. (2001).

disponibilidade de água à cultura e, desse modo, permitem a planta superar curtos períodos de adversidade climática (Farias et al., 2001).

No caso do girassol de sequeiro, semeado em sucessão à soja ou ao milho na região central do Brasil, a época de semeadura é fator determinante para o sucesso da atividade. Isso ocorre não só em função da quantidade total de água, mas, principalmente, da distribuição das chuvas durante as principais fases de desenvolvimento do girassol. A importância da época de semeadura para a cultura do girassol, em safrinha, pode ser melhor visualizada quando se observa a Fig. 16 (Castro & Brighenti, 2001). Na figura, as produtividades obtidas nas áreas semeadas em 14 de janeiro e 14 de fevereiro foram maiores que as alcançadas nas demais épocas, concordantes com o mapa de zoneamento agroclimático para o Estado de Goiás (Fig. 15). Por outro lado, a produtividade, a partir do mês de fevereiro, caiu bruscamente de um patamar de  $2200 \text{ kg ha}^{-1}$ , (pluviosidade de  $530 \text{ mm}$  durante todo ciclo), para em torno de  $800 \text{ kg ha}^{-1}$ , (pluviosidade de  $263 \text{ mm}$  durante todo o ciclo), na semeadura realizada em 11 de março. Esse comportamento pode ser explicado, fundamentalmente, pela menor



**Fig. 16.** Produtividade do girassol, em função da data de semeadura e da pluviosidade acumulada durante o ciclo da cultura, em Montividiu, GO, na safra 2000.

Fonte: Castro & Brighenti (2001).

disponibilidade de água para as plantas durante o ciclo da cultura, já que não havia falta de nutrientes no solo.

Assim, a produtividade do girassol na safrinha está diretamente relacionada com o volume e a distribuição da pluviosidade durante o ciclo da cultura. A escolha do período favorável de semeadura possibilita o desenvolvimento das plantas até as fases mais críticas de desenvolvimento da cultura, com suficiente disponibilidade hídrica.

Outra questão importante é o efeito da água na absorção de nutrientes. Para o boro, a condição de umidade do solo é o principal fator ambiental que afeta a disponibilidade do nutriente para as plantas. Na verdade, o déficit hídrico propicia a incidência e a severidade da deficiência de boro mais do que qualquer outro micronutriente (Moraghan & Mascagni, 1991). Por exemplo, de acordo com Batey<sup>1</sup>, citado por Moraghan & Mascagni (1991), nabo (*Brassica rapa*) cultivado no País de Gales, normalmente torna-se deficiente em solos com teores menores que 0,3 mg kg<sup>-1</sup> de boro. Contudo, foi observada deficiência do elemento em cultivos de campo, em verão seco, com níveis de boro no solo entre 0,5 e 0,6 mg kg<sup>-1</sup>. Esse mesmo comportamento é observado para o girassol sob condições de déficit de água.

<sup>1</sup> BATEY, T. Manganese and boron deficiency. In: Webber, J. (Ed). Trace elements in soil and crops. London: United Kingdom, Ministry Agric., Fish. and Food Tech. Bull, 1971. 21p.

Viets<sup>2</sup>, citado por Kramer (1983), concluiu que a deficiência mineral raramente é a causa do reduzido crescimento vegetal em plantas sob condições de estresse hídrico. A única exceção pode ser o boro, em solos deficientes no elemento. O autor sugere que muitas plantas contêm suficientes reservas minerais para suportar um período de seca comum, mesmo porque, neste período, o crescimento é reduzido ou mesmo paralisado.

Se o boro tem normalmente sua distribuição no perfil do solo em maiores concentrações nas camadas superficiais, associado à matéria orgânica, então, a dinâmica de secagem do perfil afetará primeiramente essa camada, restringindo a absorção de água e de boro, e conseqüentemente reduzindo o suprimento de boro para os novos tecidos das plantas. Assim, a planta tem uma pequena oportunidade de se ajustar ao corte no suprimento externo através do boro previamente acumulado (Moraghan & Mascagni, 1991). Novamente, percebe-se que o crescimento do sistema radicular, explorando maior volume de solo, é um mecanismo importante de tolerância das plantas ao déficit hídrico.

### **O estresse hídrico e o desenvolvimento das raízes e da parte aérea**

A principal resposta das plantas à seca, para muitas espécies, é o acréscimo da proporção de fotoassimilados desviados para o crescimento radicular, procurando, desse modo, aumentar a relação raiz/parte aérea e o volume de água do solo disponível às plantas (O'Toole & Bland, 1987). Conseqüentemente, aumentam as chances de sobrevivência das plantas durante esse período.

Como a expansão foliar depende principalmente da expansão celular, os princípios que fundamentam os dois processos são similares. A inibição da expansão celular provoca uma lentidão da expansão foliar no déficit hídrico, conduzindo ao crescimento mais lento das folhas durante o período de seca. Menor área foliar significa menos água transpirada, o que permite utilizar melhor a pouca água disponível, por um período mais longo (Taiz & Zeiger, 1998). Assim, a redução da área foliar pode ser considerada como a primeira linha de defesa das plantas contra a seca. Por outro lado, sob condições normais de crescimento, os meristemas da par-

<sup>2</sup> VIETS, F.G.Jr. *Water deficits and nutrient availability*. In: KOLOWSKI, T.T. (Ed). *Water deficits and plant growth*. New York: Academic Press, 1972. v.4, p.217-239.

te aérea apresentam uma marcante dominância apical. Considerando uma relação fonte/dreno em plantas que se desenvolvem normalmente, pode-se dizer que as folhas completamente expandidas são as principais fontes e que as flores, os frutos e as folhas em expansão os principais drenos. No entanto, quando a planta está sob déficit hídrico, ocorre mudança nessa relação fonte/dreno e os meristemas das regiões apicais das raízes se transformam nos drenos principais. Essa mudança na relação raiz/parte aérea é devido à necessidade da planta se ajustar ao novo ambiente, com maior capacidade de exploração do solo, para que possam absorver a água firmemente retida no solo, através dos pelos radiculares. O crescimento de raízes mais profundas em direção ao solo úmido pode ser considerado como uma segunda linha de defesa das plantas ao estresse por seca (Taiz & Zeiger, 1998).

A observação mais comum relativa às raízes, sob condições de déficit hídrico, é o acréscimo da relação entre os pesos de matéria seca da raiz e da parte aérea. Esse acréscimo da relação raiz/parte aérea resulta do maior decréscimo relativo do crescimento da parte aérea do que do sistema radicular sob condições de restrição de água (Kramer & Boyer, 1995; Blum, 1997; Belhassen, 1996). Isso ocorre porque o ajuste na sua fisiologia relativa ao padrão de desenvolvimento afeta o modelo de alocação de produtos da fotossíntese. O estresse hídrico que ocorre durante as fases iniciais de crescimento causa grande mudança na relação peso do material seco de raiz/parte aérea. Em contraste, a ocorrência de déficit hídrico durante a fase reprodutiva tem pequeno ou nenhum efeito nessa relação. Porém, o florescimento e a produção de sementes são reduzidos e/ou a perda da frutificação aumenta (Nilsen & Orcutt, 1996).

Para Blum & Arkin (1984), o acréscimo na relação peso do material seco de raiz/parte aérea freqüentemente implica no desenvolvimento de uma grande razão da densidade do sistema radicular e área foliar, a qual se traduz numa melhor capacidade para sustentação do estado hídrico das plantas, sob uma dada demanda evapotranspirativa. Brouwer (1962) interpreta a mudança na relação entre a raiz e a parte aérea como sendo um equilíbrio funcional, o qual favorece o desenvolvimento da parte da planta estreitamente relacionada com o fator limitante ao crescimento, que é o sistema radicular durante a ocorrência de déficit hídrico. Porém, a partir de determinado estágio de desenvolvimento (em geral, a partir da floração), os fotoassimilados são direcionados, principalmente, para a formação dos órgãos reprodutivos, sendo praticamente nulo o desenvolvimento radicular.

A competição por fotoassimilados entre raízes e frutos explica porque as plantas são geralmente mais sensíveis ao estresse hídrico durante a fase reprodutiva.

Em solos com pequena disponibilidade hídrica, apesar do acréscimo na resistência do solo, o crescimento radicular é menos afetado que o crescimento da parte aérea, conduzindo ao típico acréscimo na relação do peso de matéria seca da raiz/parte aérea em resposta ao déficit hídrico (Marschner, 1995). Contudo, esse ajuste, que permite a planta suportar melhor a falta de água, ocorre às expensas da produção. No caso do girassol, é a questão de se impressionar com a beleza das flores, sem, contudo, perceber que a estética não se traduzirá, necessariamente, em enchimento de aquênios.

Para Kramer & Boyer (1995), a interdependência entre a raiz e a parte aérea sugere que pode existir uma ótima relação entre esses dois componentes. Contudo, a relação raiz/parte aérea varia amplamente entre as espécies, com a idade e com as condições ambientais. Em regiões úmidas, as plantas não requerem aprofundar e espalhar vigorosamente seu sistema radicular para captação de água, porque a água do solo é suficiente e o total dela requerida para a transpiração pode, em teoria, ser fornecida por um volume relativamente pequeno de solo (Fitter & Hay, 1987). Por outro lado, em condições de seca, com o avanço do déficit hídrico, as camadas mais superficiais do solo são as primeiras a secar, com conseqüente perda das raízes superficiais e proliferação das raízes profundas (Taiz & Zeiger, 1998). Esse comportamento é o que, de modo geral, ocorre em condições dos Cerrados, em que o girassol é semeado, preferencialmente até o final de fevereiro. Assim, estas plantas têm, durante o desenvolvimento inicial e até o início do florescimento, distribuição satisfatória de água. Contudo, a partir dessa fase, as chuvas reduzem drasticamente, fazendo com que as plantas que tiveram grande desenvolvimento da área foliar sofram com maior intensidade os efeitos do déficit hídrico, em função da grande área transpirante.

Um dos efeitos do déficit hídrico que ocorre precocemente é a redução na expansão foliar. No entanto, a atividade fotossintética é muito menos atingida, em função da inibição da expansão foliar que reduz o consumo de carbono e energia e uma proporção maior de assimilados pode ser distribuída aos sistemas subterrâneos, onde eles podem sustentar o crescimento posterior das raízes (Taiz & Zeiger, 1998). Para Hopkins (1995) e Blum (1997), o crescimento da parte aérea é geralmente mais sensível que o crescimento radicular e, portanto, primeiramente inibido, enquanto a

assimilação de carbono é, contudo, ainda mantida em níveis normais. O excesso de carbono produzido pode ser estocado, utilizado para o ajuste osmótico ou pode ser alocado para o crescimento radicular (Blum, 1997). Para Schildwacht (1988), um ajuste osmótico mais rápido do sistema radicular, comparado com o da parte aérea, pode estar envolvido na mudança da relação peso da matéria seca de raiz/parte aérea.

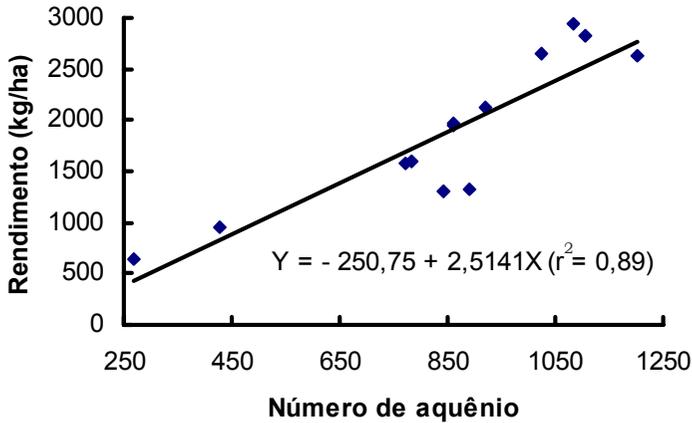
O aumento na relação peso da matéria seca de raiz/parte aérea tem sido explicado pela sensibilidade distinta da raiz e da parte aérea ao ácido abscísico (ABA) endógeno, ou para um maior ajuste osmótico nas raízes, comparado com a parte aérea (Sharp & Davies, 1989; Taiz & Zeiger, 1998).

### **Efeito do déficit hídrico na produção de aquênios**

A produção de girassol é definida pela densidade de plantas, número e peso de aquênios. O déficit hídrico manifesta-se de maneira variável sobre os componentes do rendimento, não só em função da fase de desenvolvimento, como do período de restrição hídrica. Segundo Morizet & Merrien (1990), se a cultura é submetida a um déficit hídrico permanente, as perdas no rendimento são devido mais à redução do número de aquênios cheios por capítulo, do que pelo peso médios dos mesmos.

Levantamento efetuado com os resultados de treze experimentos conduzidos no Paraná, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, nas safras 2001/02 e 2002/03, com diferentes híbridos, demonstraram elevado coeficiente de correlação entre o rendimento da cultura e o número de aquênios por planta (Fig. 17). Esta correlação evidencia que o número de aquênios é um parâmetro adequado para avaliação da produção por planta. No entanto, os rendimentos obtidos foram consequência direta da disponibilidade de água, principalmente durante o florescimento.

O tamanho de capítulo é também um bom parâmetro para avaliar o desenvolvimento das plantas e a produtividade, sendo, contudo, também afetado, pelo déficit hídrico (Gomes et al., 2003). Entretanto, é comum a falha do enchimento ou mesmo ausência de aquênios no centro do capítulo. Assim, a medida do tamanho do capítulo pode não refletir a real condição edafoclimática em que ocorreu o florescimento e/ou enchimento de aquênios. Isso acontece em função da dinâmica da antese das flores verdadeiras, que ocorre gradualmente e abrem segundo um padrão em espiral centrípeta. Assim, com a mudança da relação fonte/dreno, a translocação das reservas de fotoassimilados passa a ser predominate-



**Fig. 17.** Correlação entre o número e o rendimento de aquênios em trezes experimentos com diferentes híbridos (2001/02 e 2002/03).

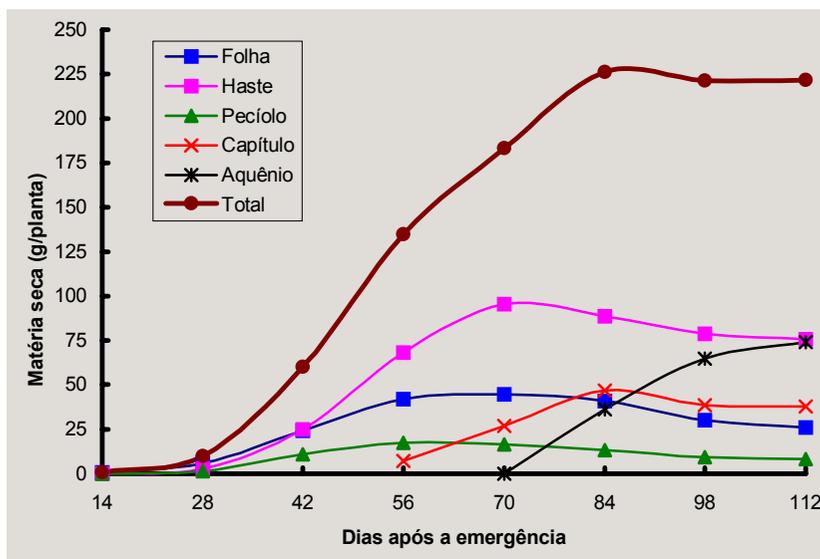
Fonte: Castro et al. (2004).

mente, para os aquênios, oriundos das primeiras flores polinizadas. Ou seja, os aquênios mais beneficiados pelo estado nutricional e hídrico da planta obedecem a mesma dinâmica da antese em espiral e estão localizados na periferia (Fig. 5).

Dos fatores que podem afetar o número de aquênios por capítulo, como agentes polinizadores, principalmente abelhas (Vrânceanu, 1977), deficiência de boro (Loué, 1993) e déficit hídrico (Cox & Olliff, 1996), o boro, além da exigência da cultura, pode estar deficiente no solo. Outrossim, o estresse hídrico propicia a incidência e a severidade da deficiência de boro mais do que qualquer outro micronutriente (Moraghan & Mascagni, 1991).

### **Produção de matéria seca (curva de crescimento)**

O acúmulo de matéria seca está diretamente relacionado às características fenotípicas e ambientais. Na literatura, há indicações de que a produção de matéria seca alcança até 13,5 t ha<sup>-1</sup> e 14,0 t ha<sup>-1</sup>, em condições irrigadas (Días-Zorita & Duarte, 2002; Cox & Jollif, 1986). No Paraná, em experimento desenvolvido na área experimental da Embrapa Soja, a produção máxima de matéria seca da parte aérea (caule, folhas, pecíolo e grãos) alcançou 9,5 t ha<sup>-1</sup> (Fig. 18).



**Fig. 18.** Acúmulo de matéria seca nos diferentes órgãos da planta de girassol (Helio 251) em função da idade da planta. Londrina, 2004. Fonte: Castro & Oliveira (2005, dados não publicados).

A Fig. 18 apresenta a evolução do desenvolvimento das diferentes partes do girassol. Observa-se que o acúmulo de matéria seca (MS) é lento até aproximadamente os 28 dias após a emergência (DAE), ao redor de 18 g/planta. Contudo, a partir desse período, o crescimento é mais acelerado (Castro et al., 1996), com o máximo acúmulo de matéria seca ocorrendo aos 98 DAE, com 212 g de MS total/planta (folhas, pecíolo, caule, capítulo e aquênios). Com base na produção de matéria seca total, de aquênios e na densidade de plantas por hectare, foram estimadas as produtividades de MS total e de aquênios, na colheita, em 9.507 kg ha<sup>-1</sup> e 3.176 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Entretanto, o maior acúmulo de matéria seca total ocorreu aos 98 dias após a emergência das plantas, ao redor da maturação fisiológica, com 10,5 t ha<sup>-1</sup> de MS.

Além do objetivo de produção de grãos, com diversos destinos (óleo para a alimentação humana, pássaros, confeitaria ou biodiesel), o girassol também pode ser utilizado como adubação verde ou para a produção de silagem. Assim, com base na produção de matéria seca total, atingida na maturação fisiológica, é possível estimar a produtividade de silagem de girassol em aproximadamente 37,5 t ha<sup>-1</sup>, considerando-se 28% de MS (Seção 7 - Silagem de girassol como opção forrageira).

## **Produção de caules e folhas**

A produção de caule é o componente da parte aérea que mais influencia o comportamento da curva de acúmulo de matéria seca (Fig. 18). Contudo, são as folhas, juntamente com o pecíolo, os componentes da fitomassa total (fonte) com maior contribuição relativa na redistribuição de assimilados para a produção de aquênios (dreno).

### **Crescimento do caule**

O crescimento das plantas e o acúmulo de matéria seca são lentos no início do desenvolvimento das plantas. Esse crescimento é governado, basicamente, pelo desenvolvimento do caule, que a partir dos 28 DAE intensifica bastante o seu desenvolvimento. Contudo, é somente ao redor dos 42 DAE que o acúmulo de MS do caule ultrapassa o das folhas, atingindo o máximo de acúmulo de MS no florescimento (Fig. 18).

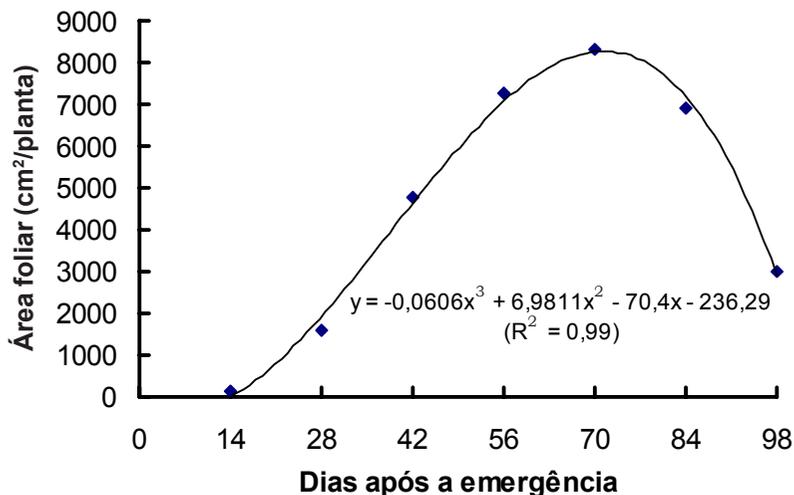
O início da fase de crescimento acelerado das plantas, aproximadamente, a partir dos 30 dias após a emergência das plantas, marca um período limite para a entrada de tratores comuns para aplicação de adubação de cobertura ou qualquer outra prática cultural. Após essa fase, somente equipamentos especiais, com rodado fino e eixo alto, ou a aplicação aérea, podem se fazer presentes na área.

Como a inflorescência do girassol situa-se na extremidade do caule e como a inclinação dos capítulos, em função da curvatura do caule, pode adquirir diferentes posições (Knowles, 1978), o peso dos capítulos fica deslocado do centro de gravidade do eixo da planta, predispondo à quebra ou ao acamamento. Assim, plantas bem ancoradas pelo sistema radicular e com caules vigorosos têm a incidência desses problemas minimizada. Observa-se, de modo geral, que entrenós curtos estão associados a caules grossos, fortes e resistentes.

### **Crescimento das folhas**

De modo geral, as plantas de girassol possuem de 20 a 35 folhas, alcançando área foliar, em materiais de grande porte, de até 1,3 m<sup>2</sup> de folhas por planta. Esse desenvolvimento ocorre se o solo for profundo e o cultivo ocorrer sem deficiências hídrica ou nutricional. As folhas são o principal aparato fotossintético das plantas, acumulando além de nutrientes, compostos orgânicos que serão, posteriormente, translocados para os órgãos reprodutivos e os grãos.

Na Fig. 19, observa-se que o máximo de área foliar ocorreu aos 74 dias após a emergência das plantas (fase R 5.7), atingindo 0,88 m<sup>2</sup> de folhas por planta, reduzindo até o final do ciclo para 0,38 m<sup>2</sup> de folhas por planta.



**Fig. 19.** Desenvolvimento da área foliar de plantas de girassol (Helio 251), em função da idade da planta. Londrina, 2004.

Fonte: Castro & Oliveira (2005, dados não publicados).

O índice de área foliar (IAF), que é a relação entre a área foliar verde das plantas por uma determinada unidade de área de solo (m<sup>2</sup> de folha/m<sup>2</sup> de solo), exerce grande importância na captação de energia luminosa para as reações de fotossíntese e, conseqüentemente, no rendimento das plantas. Contudo, a partir de determinado valor de IAF não ocorre aumento do rendimento em função do aumento da área foliar. Isso se deve não só ao limite genético das plantas, como, também, isoladamente, pelo auto-sombreamento das folhas superiores, o que reduz a incidência direta da luz nas folhas inferiores, que é dependente da densidade de semeadura (população de plantas) e do arranjo das plantas na área.

De modo geral, é aceito que um IAF de 2,5 a 3 na floração plena é ideal para se obter altas produtividades. Na Fig. 19, considerando-se a densidade de 4,29 plantas por m<sup>2</sup>, o IAF na floração foi de 3,8, portanto, acima daquele considerado adequado. Segundo Merrien (1992), é necessário uma área mínima de 1,8 a 2,0 cm<sup>2</sup> de folhas para sustentar a produção de um aquênio. Sendo assim, observa-se que a produtividade não foi limitada pela superfície foliar.

O déficit hídrico moderado afeta indiretamente a translocação pela alteração da relação fonte e dreno. Devido à reduzida expansão celular, as folhas são menores e menos fotossintetizados estarão disponíveis para a translocação e o enchimento dos frutos, cujo tamanho, conseqüentemente, será reduzido. Se o déficit hídrico ocorrer após a expansão foliar, o resultado da competição entre as folhas e os frutos é diminuído (Hale & Orcutt, 1987).

Após o florescimento, quando as folhas atingiram o maior índice de área foliar, a falta de água afetará severamente as folhas, provocando a senescência precoce das mesmas. Essa redução do aparato fotossintético, que pode ser intensificada em plantas cultivadas em solos com baixos teores de nitrogênio ou pela rápida translocação do nitrogênio das partes vegetativas para os grãos (Hunt & Frank, 1975), reduzirá fortemente a fotossíntese e, conseqüentemente, a translocação de fotoassimilados para os grãos, afetando o peso dos mesmos, a produtividade e o teor de óleo. Segundo Merrien & Grandin (1990), a duração da superfície foliar se relaciona positivamente com o teor de óleo e negativamente com a porcentagem de proteína. Assim, a manutenção da superfície foliar favorece a síntese de lipídeos, produzindo aquênios com maior teor de óleo e menor teor de proteína. Aguirrezábal et al. (2002) concordam que a senescência precoce das folhas produz grãos com maior teor de proteína e menor teor de óleo. Esse comportamento é o que, de modo geral, ocorre com o girassol cultivado em safrinha, aproveitando o final das chuvas. Inicialmente, as plantas dispõem de água suficiente para o desenvolvimento e produzem grande área foliar. Contudo, a partir do florescimento, as chuvas diminuem rapidamente e a dinâmica senescência inicia-se a partir das folhas baixas, ocorrendo precocemente e prejudicando a fotossíntese e a translocação de substâncias para os grãos. Por outro lado, nos cultivos de primavera/verão, com grande disponibilidade de água e altas temperaturas, principalmente a partir do início do florescimento, são as doenças, em especial a mancha de *Alternaria*, que causam a senescência precoce, também, a partir das folhas baixas, reduzindo o aparato fotossintético e a translocação de substâncias para os grãos. Assim, não só uma grande área foliar, mas, também, a duração da área foliar sadia (Bergamin Filho & Amorim, 1996), são fundamentais para a obtenção de altas produtividades das culturas.

Não obstante, o fato das folhas do terço superior serem as mais importantes para o fornecimento de assimilados para o enchimento de aquênios (Johnson, 1972; Merrien, 1992), déficit hídrico severo ou falta de nitrogênio reduz drástica e rapidamente o aparato fotossintético, afetando a relação fonte/dreno.

O número potencial de aquênios de cada planta é determinado nas fases iniciais do desenvolvimento reprodutivo das plantas, entre início do florescimento à fase R 2, quando o botão floral tem de 0,5 a 2 cm de diâmetro (Merrien, 1992). É, também, fortemente influenciado pelas condições ambientais, como disponibilidade de água e de nutrientes, principalmente nitrogênio, para a formação e a manutenção da superfície foliar necessária para sustentar a produção de aquênios (Connor & Sadras, 1992). Assim, a ocorrência de déficit hídrico nessa fase afetará não só o número de folhas, como a área foliar e, conseqüentemente, a produção final de aquênios.

Assim, uma boa estratégia é o desenvolvimento de plantas com menor superfície foliar, porém mais persistente até a maturação fisiológica. Plantas com grande aparato foliar que, por problemas nutricionais, hídricos ou fitossanitários, reduzem rapidamente a superfície foliar após o florescimento são pouco eficientes.

## **Produção de aquênios**

Observa-se, na Fig. 18, que a produção de aquênios aumenta rapidamente a partir dos 70 DAE, alcançando na colheita 74,1 g por capítulo, e que o enchimento de aquênios foi devido, principalmente, às reservas acumuladas nas diferentes partes da planta, destacando-se, inicialmente, as folhas/pecíolos e o caule e, no final do enchimento de aquênios, o capítulo.

O índice de colheita (IC), que mede a eficiência de produção de grãos de uma cultura, obtido pela relação entre a massa seca de aquênios e a produção de matéria seca total das plantas (caule, folhas, pecíolos, capítulos e aquênios) foi de 0,33. Merrien (1992) cita que o índice de colheita de girassol é baixo, situando-se entre 0,25 e 0,35. Adicionalmente, em cultivares mais modernas de girassol, têm sido alcançados índices de colheita de 0,45 a 0,51, como resultado da maior redistribuição de carboidratos das partes vegetativas e acúmulo de carboidratos durante o enchimento de aquênios (Lopes Pereira, 1996; Debaeke et al., 2004). Para o trigo, o IC situa-se ao redor de 0,6. Entretanto, deve-se fazer uma observação para a diferença entre as duas culturas. Enquanto o trigo produz basicamente amido como material de reserva, o girassol tem, em torno de 45% de óleo e 23% de proteína em sua composição, produtos, bioquimicamente, mais caros para o metabolismo celular. Na Tabela 4,

**Tabela 4.** Quantidade de glicose necessária para obter um grama de diferentes produtos finais.

	Fonte	(g)
Compostos nitrogenados: (aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos)	$\left\{ \begin{array}{l} \text{NO}_3^- \\ \text{NH}_4^+ \\ \text{Simbiose} \end{array} \right.$	2,5
		1,6
		3,0
Carboidratos: (amido e celulose)		1,2
Lipídeos		3,0
Lignina		2,15
Ácidos orgânicos		0,9

Fontes: Penning de Vries (1974) e Merrien (1992).

são apresentadas as quantidades necessárias de glicose para a produção de diferentes componentes do metabolismo celular (Penning de Vries, 1974; Merrien, 1992). Enquanto, para a produção de uma unidade de carboidrato, a planta necessita de 1,2 unidades de glicose, para a produção da mesma quantidade de lipídeos, a planta gasta três unidades de glicose (Penning de Vries, 1974). Assim, observando pelo aspecto da eficiência metabólica, o girassol é uma fábrica eficiente de óleo e de proteína. Daí porque, apesar de ser uma planta de ciclo  $C_3$ , o girassol comporta-se, em alguns aspectos, como planta  $C_4$ .

Na Tabela 5, são apresentadas as principais características de plantas  $C_3$  e  $C_4$ , em folhas completamente diferenciadas (Ferri, 1985).

O girassol caracteriza-se por atividade fotossintética elevada, particularmente em planta jovem, comparada à do milho, que é uma planta  $C_4$ . Apesar da fotorrespiração, a fotossíntese do girassol e a do milho são, também, comparáveis (Merrien, 1992). Outra questão é a produção de matéria seca total do girassol e a baixa eficiência do uso da água, produzindo menos de 2 g de matéria seca por litro de água consumida. No entanto, se o cálculo da eficiência de acúmulo de matéria seca for baseado na energia metabolizada, considerando os custos energéticos dos produtos finais, o girassol é uma planta altamente eficiente (Penning de Vries, 1974). Com relação à temperatura ótima para a fotossíntese, o girassol tem se desenvolvido bem desde o Rio Grande do Sul até Roraima, com grande variação de temperatura durante o ciclo da cultura.

**Tabela 5.** Características diferenciais entre plantas com fotossíntese C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>.

	Plantas C <sub>3</sub>	Plantas C <sub>4</sub>
1. Primeiro produto estável	Ácido 3-fosfoglicérico	Ácido oxalacético
2. Fotorrespiração	Presente: 25%-30% da fotossíntese	Presente: não mensurável pelos métodos de troca de gás
3. Ponto de compensação	Alto: 50-150 ppm CO <sub>2</sub>	Baixo: 0-10 ppm CO <sub>2</sub>
4. Anatomia foliar	Ausência de bainha vascular: quando presente, não contém cloroplastos	Diferenciação de células de mesófilo e bainha vascular contendo cloroplastos
5. Enzima Primária de carboxilação	RuDP-carboxilase (Km ~ 20µM CO <sub>2</sub> )	Pep-carboxilase (Km ~ 5µM CO <sub>2</sub> )
6. Efeito do oxigênio (21%) sobre a fotossíntese	Inibição	Sem efeito
7. Relação CO <sub>2</sub> :ATP:NADPH	1:3:2	1:5:2
8. Fotossíntese versus intensidade de luz	Satura em ~ 1/3 da luz solar máxima	Não atinge a saturação com o aumento da intensidade luminosa
9. Temperatura ótima para a fotossíntese	~ 25°C	~ 35°C
10. Taxa de fotossíntese líquida em condições de saturação de luz	15-35 mg CO <sub>2</sub> dm <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup>	40-80 mg CO <sub>2</sub> dm <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup>
11. Consumo de H <sub>2</sub> O para a produção de matéria seca	450-1000g H <sub>2</sub> O/g peso seco	250-350g H <sub>2</sub> O/g peso seco
12. Conteúdo de N na folha para atingir fotossíntese máxima	6,5%-7,5% peso seco	3,0%-4,5% peso seco

Fonte: Ferri (1985)

## Considerações finais

O girassol é uma planta com grande potencial de aumento da produção de grãos no País, não só para alimentação animal ou humana, mas também, objetivando práticas adequadas de manejo do solo, uso como planta ornamental ou matéria-prima para a produção de biocombustíveis. A obtenção de altos rendimentos está em função da interação genótipo/ambiente e uso de um pacote tecnológico adequado. Para tanto, existem no mercado diferentes genótipos, avaliados em várias regiões edafoclimáticas, que possibilitam, dentro dos limites impostos pela oferta, a escolha de diversos materiais, híbridos ou variedades, para integrarem sistemas de rotação e sucessão de culturas, agregando valor à produção agrícola pela exploração mais racional do solo.

No entanto, a escolha de genótipos de girassol com elevado potencial produtivo não surtirá o efeito esperado se não forem respeitadas as exigências nutricionais e hídricas da cultura. Assim, o adequado manejo do solo e da adubação, além da distribuição adequada de água e outros fatores ambientais, são determinantes para o estabelecimento racional de girassol. Nesse aspecto, a época de semeadura adquire especial importância, por poder agregar conceitos relacionados à disponibilidade hídrica e à fitossanidade. Os períodos favoráveis de semeadura indicam os períodos com menor probabilidade de frustração de safras. Além da disponibilidade de nutrientes e água no solo, outros fatores como, por exemplo, a temperatura e a umidade relativa do ar, em fases importantes para a ocorrência de doenças, devem ser considerados para avaliar a viabilidade da exploração racional e econômica do girassol.

Plantas com sistema radicular profundo e vigoroso e com grande massa de raízes possibilitam maior absorção de água e de nutrientes, são mais tolerantes ao déficit hídrico, e também, possuem maior ancoragem, reduzindo os efeitos de ventos e o tombamento de plantas. Esta característica é válida, principalmente, para o girassol cultivado em condições de safrinha, com grande restrição de água a partir do início do florescimento. Outra questão importante é o índice de área foliar, com efeito marcante na produção de aquênios e no teor de óleo. Para tanto, o adequado suprimento de água e de nutrientes, em especial o de nitrogênio, é fundamental para o estabelecimento, para a manutenção e para a redistribuição de fotoassimilados. Assim, além do sistema radicular vigoroso, uma boa estratégia é o desenvolvimento de plantas com caules resistentes, com menor superfície foliar, porém mais persistente e menos sujeitas às variações edafoclimáticas, até a maturação fisiológica. São pouco eficientes plan-

tas com grande aparato foliar que, por problemas nutricionais, hídricos ou fitossanitários, reduzem rapidamente a superfície foliar.

## Agradecimentos

Este texto é dedicado à memória do Prof. Dr. Jerônimo Araújo Gomes, da Universidade Federal de Goiás, Jataí, GO. Os autores agradecem o apoio do auxiliar de operações Nilson Adelino da Silva, na coleta de dados para complementar algumas informações desta seção.

## Referências

AGUIRREZÁBAL, L.A.N.; IZQUIERDO, N.G.; NOLASCO, S.M. Calidad. In: DÍAZ-ZORITA, M.; DUARTE, G.A. (Ed.). **Manual práctico para el cultivo de girassol**. Buenos Aires : Hemisferio Sur, 2002. p.213-240.

ALKIO, M.; SCHUBERT, A.; DIEPENBROCK, W.; GRIMM, E. Effect of source-sink ratio on seed set and filling in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Plant, Cell and Environment**, Oxford: v.26, n.10, p.1609-1619, 2003.

BARNI, N.A.; DIDONÉ, I.A.; MIGNON, L.; GONÇALVES, J.C. Regionalização do cultivo do girassol no Rio Grande do Sul. In: **GIRASSOL: indicações para o cultivo no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Faculdade de Agronomia. Departamento de Fitotecnia, 1985. p.11-12.

BELHASSEN, E. **Drought tolerance in higher plants**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1996. 104p.

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. São Paulo: Ceres, 1996. 289p.

BLAMEY, F.P.C.; EDWARDS, D.G.; ASHER, C.J. **Nutritional disorders of sunflower**. Queensland: University of Queensland. Department of Agriculture, 1987. 72p.

BLUM, A.; ARKIN, G. F. Sorghum root growth and water-use as affected by water supply and growth duration. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.9, p.131-142, 1984.

BLUM, A. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. In: BELHASSEN, E. (Ed.) **Drought tolerance in higher plants: genetical,**

physiological and molecular biological analysis. Dordrecht: Kluwer Academic, 1997. p.135-148.

BOLHÀR-NORDENKAMPF, H.R.; DRAXLER, G. Funtional leaf anatomy. In: HALL, D.O; SCURLOCK, J.M.O; BOLHÀR-NORDENKAMPF, H.R.; LEEGOOD, R.C.; LONG, S.P. (Ed.). **Photosynthesis and production in a chaging environment – A field and laboratory manual**. London: Chapman & Hall, 1995. p.91-122.

BOLSON, E. L. **Técnicas para a produção de sementes de girassol**. Brasília: EMBRAPA-SPSB, 1981. 27p. (EMBRAPA-SPSB. Circular Técnica, 1).

BOYER, J.S. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean, and sunflower at various leaf water potential. **Plant Physiology**, Bethesda, v.46, p.233-235, 1970.

BOYER, J.S. Plant productivty and environment. **Science**, Washington, v.218, p.443-448, 1982.

BROUWER, R. Distribution of dry matter in the plant. **Netherland Journal of Agricultural Science**, v.10, n.5, p.361-377, 1962.

CARTER, J.F. **Sunflower science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 1978. 505p. (Agronomy, 19).

CASTIGLIONI, V.B.R.; ARIAS, C.A.A.; OLIVEIRA, M.F.; LEITE, R.M.V.B.C.; LAGO, R.C.A. Composição de ácidos graxos em girassol e suas variações em diferentes zonas agroecológicas. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 12., 1997, Campinas. **Resumos...**Campinas: Fundação Cargill, 1997. p.31-33.

CASTRO, C.de. **Boro e estresse hídrico na nutrição e produção do girassol em casa-de-vegetação**.1999. 120 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CASTRO, C.de.; CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A.; LEITE, R.M.V.B. de C.; KARAM, D.; MELLO, H.C.; GUEDES, L.C.A.; FARIAS, J.R.B. **A cultura do girassol**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1996. 38p. (EMBRAPA-CNPSO. Circular Técnica, 13).

CASTRO, C.de.; BRIGHENTI, A. Pluviosidade e produção de girassol na região centro oeste. In: REUNIAO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL 14; SIMPOSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 2., 2001, Rio Verde. **Resumos...** Rio Verde: FESURV, 2001. p.85-86.

CASTRO, C.de; LANTMANN, A.F.; SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M.; SILVEIRA, J.M. In: **RESULTADOS de pesquisa da EMBRAPA Soja, 2003: girassol**. Londrina: Embrapa Soja, 2004. p.19-27. (Embrapa Soja. Documentos, 242).

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1980. 326p.

CONNOR, J.D.; HALL, A.J. Sunflower physiology. In : SCHNEIDER, A.A. (Ed.). **Sunflower technology and production**. Madison: ASA:CSSA:SSSA, 1997. p:113-181. (Series of Monographs, 35).

CONNOR, J.D.; SADRAS, V.O. Physiology of yield expression in sunflower. **Field Crops Research**, Amsterdam, n.30, p.333-389, 1992.

CORBINEAU, F.; GAY-MATHIEU, C.; VINEL, D.; CÔME, D. Decrease in sunflower (*Helianthus annuus*) seed viability caused by high temperature as related to energy metabolism, membrane damage and lipid composition. **Physiologia Plantarum**, v.116, p.489-496. 2002.

COX, W.J.; JOLLIFF, G.D. Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficits. **Agronomy Journal**, Madison, v.78, p.226-230, 1986.

CUTTER, E.G. **Anatomia vegetal**: experimentos e interpretação - órgãos. São Paulo: Roca, 1987. pt.2. 336 p.

DEBAEKE, P.; TRIBOI, A.M.; VEAR, F.; LECOEUR, J. Crop physiological determinants of yield in old and modern sunflower hybrids. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 16., 2004, Fargo. **Proceedings...** Fargo, 2004. v.1, p.267-273.

DÍAZ-ZORITA, M. Nutrición mineral y fertilización. In : DÍAZ-ZORITA, M.; DUARTE, G.A. (Ed.). **Manual práctico para el cultivo de girasol**. Buenos Aires : Hemisferio Sur, 2002. p.77-96.

ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes**. São Paulo: E. Blucher, 1974. 293p.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. **Oilseeds**: world market and trade. Washington: USDA, 2005. 28p. (USDA. Circular series, FOP 08-05). Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/oilseeds/circular/2005/05-08/FULL05Aug.pdf>>. Acesso em 16 ago. 2005

FARIAS, J.R.B.; IVAN, R.A.; CASTRO, C.de.; OLIVEIRA, M.F.; SILVA, F.A.M. Caracterização das regiões de risco climático do girassol nos Estados do Paraná e de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12.; REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 3., 2001, Fortaleza. **Anais...** v.1.Fortaleza: SBA; FUNCEME, 2001. p.27-28.

FARIAS, J.R.B. Environmental limitations to maximum soybean yield. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7.; INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING AND UTILIZATION CONFERENCE, 4.; CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 3., 2004, Foz do Iguassu. **Proceedings...** Londrina: Embrapa Soybean, 2004. p. 1287-1295.

FARIAS, J.R.B. Déficit Hídrico em Culturas. In: Encontro de Plantio Direto no Cerrado, 7, 2005, Tangará da Serra, MT. **Proceedings...** Tangará da Serra: Gráfica e Editora Sanches Ltda., 2005. p.146-151.

FERRI, M.G. **Botânica**: morfologia externa das plantas (organografia). 9.ed. São Paulo: Melhoramentos, 1973. 149p.

FERRI, M.G. **Botânica**: morfologia interna das plantas (anatomia). 3.ed. São Paulo: Melhoramentos, 1977. 113p.

FERRI, M.G., ed. **Fisiologia vegetal**. 2.ed. rev. atual. Sao Paulo: EPU, 1985.

FITTER, A.H.; HAY, R.K.R. **Environmental physiology of plants**. 2.ed. London: Academic Press, 1987. 423p.

GAY, C.; CORBINEAU, F.; CÔME, D. Effects of temperature and oxigen on seed germination and seedling growth in sunflower (*Helianthus annus* L.). **Environmental and Experimental Botany**, v.31, p.193-200, 1991.

GLAS, K. **Sunflower**: fertilizing for high yield and quality. Worblaufen-Bern: International Potash Institute, 1988. 38p. (IPI. Bulletin, 10).

GÓMEZ-ARNAU, J. El cultivo del girasol. **Hojas Divulgadoras**, n.20, p.1-31, 1988.

GOMES, E.M.; UNGARO, M.R.G.; VIEIRA, D.B. Influência da suplementação hídrica na altura, diâmetro de capítulo, peso de sementes e produção de grãos. In : SIMPÓSIO NACIONAL DE GIRASSOL, 3.; REUNIÃO NACIONAL DE GIRASSOL,15., 2003, Ribeirão Preto. [**Anais**]. [S.l.]: CATI, 2003. 1 CD-ROM.

HALE, M.G.; ORCUTT, D.M. **The physiology of plants under stress**. New York: Wiley-Interscience, 1987. 205p.

HASAN, F.U.; AHMAD, R.A. Efeffects of seasonal variations on oil and fatty acid profile of sunflower. **Helia**, Novi Sad, v.38, p.159-166, 2003.

HARRIS, H.C.; McWILLIAM, J.R.; MASON, W.K. Influence of temperature on oil content and composition of sunflower seed. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v.29, p.1203-1212, 1978.

HOPKINS, W.C. The physiology of plants under stress. In: HOPKINS, W.C **Introduction to plant physiology**. New York: J. Willey,1995, p.423-443.

HSIAO, T.C. Plant responses to water stress. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.24, p.519-570, 1973.

HSIAO, T. C.; BRADFORD, K.J. Physiological consequences of cellular water deficits. In: TAYLOR, H. M.; JORDAN, W.R.; SINCLAIR, T.R. (Ed.) **Limitations to efficient water use in crop production**. Madison: ASA, 1983, p.227-265.

HUNT, R.K.; FRANK, E. Photosynthates and nitrogen requirements for seed production by various crop. **Science**, Washington, v.15, p.565-567. 1975.

**INFORMES da avaliação de genótipos de girassol, 2003/2004 e 2004.** Londrina: Embrapa Soja, 2004. 91p. (Embrapa Soja. Documentos, 250).

IZQUIERDO, N.G.; THEVENON, M.A; SAN MARTINO, S.; DOSIO, G.; AQUIRREZÁBAL, L.A..N. Na architectural model of the sunflower root system using a markovian approach. In: CONFÉRENCE INTERNATIONALE TOURNESOL, 15., 2000, Toulouse. **Actes...** Toulouse, 2000. t.2. p.D-100.

JOHNSOM, B.J. Effect of artificial defoliation on sunflower yield and other characteristics. **Agronomy Journal**, Madison, v.64. p.688-689, 1972.

JOLY, A.B. **Botânica introdução à taxonomia vegetal.** 11.ed. São Paulo: Editora Nacional, 1993. 777p.

JONES, O.R. Yield, water-use efficiency, and oil concentration and quality of drayland sunflower grown in the southern high plains. **Agronomy Journal**, Madison, v.76, p.229-235, 1984.

KABBAJ, A.; VERVOORT, V.; ABBOTT, A.; TERSAC, M.; BERVILLÉ, A. Expression d'une stéarate et d'une oléate désaturases chez le tournesol normal et à haute teneur en acide oléique, clonage de fragments génomiques et variabilité chez quelques *Helianthus*. **OCL: Oleagineux Corps Gras Lipides**, Paris, v.3, n.6, p.452-458, 1996.

KNOWLES, P.E. Morphology and anatomy. In: CARTER, J. F. (Ed.) **Sunflower science and technology**. Madison: ASA, 1978. p.55-88.

KRAMER, P.J. Water deficits and plant growth. In: KRAMER, P.J. (Ed.) **Water relations of plants**. Florida: Academic Press, 1983. cap.12, p.342-389.

KRAMER, P.J.; BOYER, J.S. Roots and root systems. In: KRAMER, P.J.; BOYER, J.S. (Ed.) **Water relations of plants and soils**. San Diego: Academic Press, 1995. cap.5, p.115-166.

LAWRENCE, G.H.M. **Taxonomy of vascular plantas**. New York: Macmillan, 1951 823p.

LENTZ, D.; POHL, M.E.D.; POPE, K.O.; WYATT, A.R. Prehistoric sunflower (*Helianthus annuus* L.) domestication in Mexico. **Economic Botany**, New York, v.55, n. 3, p.370-376, 2001.

LOPES PEREIRA, M.; TRAPANI, N. Physiological changes associated with breeding for higher yields of sunflower in Argentina. In: In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 14., 1996, Beijing-Shenyang. **Proceedings...** Beijing-Shenyang: LAAS, 1996. v.1 p.594-599.

LOUÉ, A. **Oligoéléments en agriculture**. Antibes: SCPA-NATHAN, 1993. 577p.

MACCHIA, M.; BENVENUTI, A.; BALDANZI, M. **Temperature requirements during germination in sunflower**. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL DE GIRASOL, 11., 1985, Mar del Plata. Actas. Mar del Plata: ASAGIR/ISA, 1985. t.1, p.93-97.

MARC, J.; PALMER, J.H. Relationship between water potential and leaf and inflorescence initiation in *Helianthus annuus*. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.36, p.101-4, 1976.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.

MASSIGNAM, A.M. **Determinação de temperaturas-bases, graus-dia e influência de variáveis bioclimáticas na duração de fases fenológicas de cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.)**. 1987, 87 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MERRIEN, A. **Physiologie du tournesol**, Paris: CETIOM, 1992. 66p.

MERRIEN, A.; GRANDIN, L. Comportement hydrique du tournesol: synthèse des essais “Irrigation” 1983 - 1988. In: LE TOURNESOL et l'eau. Adaptation à la sécheresse réponse à l'irrigation. [S.l.]: CETIOM, 1990. p.75-90.

MOHR, H.; SCHOPFER, P. **Plant physiology**. New York: Springer Verlag, 1995, 629p.

MORAGHAN, J.T.; MASCAGNI JUNIOR, H.J. Environmental and soil factors affecting micronutrient deficiencies and toxicities. In: MORTVEDT, J.J.; COX.; F.R.; SHUMAN, L.M.; WELCH, R.M. (Ed.) **Micronutrients in agriculture**. 2.ed. Madison: SSSA, 1991. cap.11, p.371-425.

MORETI, A.C.de C.C.; SILVA, R.M.B.; SILVA, E.A.C.; ALVES, M.L.T.M.F.; OTSUK, I.P. Aumento na produção de sementes de girassol (*Helianthus annuus*) pela ação de insetos polinizadores. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.53, n.2-3, p.280-284, 1996.

MORIZET, J.; MERRIEN, A. Principaux traits du comportement hydrique du tournesol. In: **LE TOURNESOL et l'eau**: adaptation à la sécheresse réponse à l'irrigation. Paris : CETIOM, 1990, p.7-20.

NILSEN, E.T.; ORCUTT, D.M. **Physiology of plants under stress – abiotic factors**. New York: J. Wiley, 1996. 689p.

OLIVEIRA, R.F. **Desenvolvimento e análise de desempenho de um sensor de fluxo para avaliação de transpiração vegetal pelo método de balanço**

**de calor.** 1997. 73 f. Tese (Livre-docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

OTOOLE, J.C.; BLAND, W.L. Genotypic variation in crop plant root system. **Advanced Agronomy**, v.41, p.91-145, 1987.

PENNING de VRIES. Substrate utilization and respiration in relation to growth and maintenance in higher plants. **Netherland Journal of Agricultural Science**, v.22, p.40-44, 1974.

REICHARDT, K. A água: absorção e translocação. In: FERRI, M.G. (Ed.) **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EPU, 1985. p.3-24.

ROBELIN, M. Action et arrière-action de la sécheresse sur la croissance et la production du tournesol. **Annales Agronomiques**, v.18, n.6, p.579-599, 1967.

ROBINSON, R. G. Production and culture In: CARTER, J. F. (Ed.) **Sunflower science and technology**. Madison: ASA, 1978, p.89-95.

ROBINSON, R. G.; BERNAT, L.A; GEISE, H. A.; JOHNSON, F.K.; KINMAN, M.L.; MADER, E.L.; OSWALT, R.M.; PUTT, E.D.; SWALLERS, C.M.; WILLIAMS, J.H. Sunflower development at latitudes ranging from 31 to 49 degrees. **Crop Science**, Madison, v.7, 134-136, 1967.

ROCHE, J.; BOUNIOLS. A.; BARRANCO. T.; MOULOUNGUI. Z. Variation on fatty acid content in seeds under scarce water resources for oleic and standard sunflowers. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 16., 2004, Fargo. **Proceedings...** Fargo, 2004. v.2, p.783-798.

SADRAS, V.O; HALL, A.J. Quantification of temperature, photoperiod and population effects on plant Leaf area in sunflower crops. **Field Crops Research**, Amsterdam, n.18, p.185-196,1988.

SCHILDWACHT, P.M. Changes in the osmotic potential of the root as a factor in the decrease in the root-shoot ratio of *Zea mays* plants under water stress. **Plant and Soil**, v. 111, p.271-275, 1988.

SCHNEITER, A.A.; MILLER, J.F. Description of sunflower growth stages. **Crop Science**, Madison, v.21, p.901-903, 1981.

SEILER, G .J. Anatomy and Morphology of sunflower. In: SCHNEITER, A.A. (Ed.) **Sunflower science and technology**. Madison: ASA, 1997. p.67-111.

SHARP, R.E.; DAVIES, W.J. Regulation of growth and development of plants growing with a restricted supply of water, In: JONES, H.G.; FLOWERS, T.J.; JONES, M.B. (Ed.) **Plants under stress**. Cambridge: University Press, 1989. p.71-93.

SHELL, G.S.G.; LANG, A.R.G. Movements of sunflower leaves over a 24-h period. **Agricultural Meteorology**, v.16, p.161-170, 1976.

SILVA, M.N. **A cultura do girassol**. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 67p.

SILVER, J.G.; ROCHESTER, C.P.; BISHOP, D.G.; HARRIS, H.C. Unsaturated fatty acid synthesis during the development of isolated sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds. **Journal of Experimental Botany**, London, v.35. n.159, p.1507-1514, 1984.

SINGH, D.A.; SINGH, S.M. Impact of irrigation on sunflower productivity. In: CONFÉRENCE INTERNATIONALE TOURNESOL, 15., 2000, Toulouse. **Actes...** Toulouse, 2000. t.1. p.C109-C114.

SLATYER, R.O. **Plant – water relationships**. London : Academic Press, 1967. 366p.

SMIDERLE, O.J.; GIANLUPPI, D.; GIANLUPPI, V.; CASTRO, C. de. Girassol cultivado no cerrado de Roraima em 2000. In: REUNIAO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL 14; SIMPOSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 2., 2001, Rio Verde. **Resumos...** Rio Verde: FESURV, 2001. p.66-68.

SMIDERLE, O.J.; GIANLUPPI, D.; GIANLUPPI, V. Adubação nitrogenada, espaçamento e épocas de semeadura de girassol nos Cerrados de Roraima. In: RESULTADOS de pesquisa da EMBRAPA Soja – 2001: girassol e trigo. Londrina: Embrapa Soja, 2002. p.24-29. (Embrapa Soja. Documentos, 199).

SMIDERLE, O. J.; MOURÃO JÚNIOR, M.; GIANLUPPI, D. **Época de plantio de girassol para as condições dos Cerrados de Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2004. 5p. (Embrapa Roraima. Comunicado Técnico, 9).

SUMANGALA, S.; GIRIRAJ, G. Seed yield, test weight and oil content in sunflower genotypes as influenced by various pollination methods and seasons. **Helia**, Novi Sad, v.38, p.143-148, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 719p. Tradução de Eliane Romanato Santarém.

UNGER, P.W. Sunflower. In: STEWART, B.A.; NIELSEN, D.R. (Ed.) **Irrigation of agricultural crops**. Madison: ASA, 1990. p.775-794. (Agronomy, 30).

VILLALOBOS, F.J.; RITCHIE, J.T. The effect of temperatura on leaf emergence rates of sunflower genotypes. **Field Crops Research**, Amsterdam, n.29, p: 37-46. 1992.

VITTA, F.A. **Plantas**. 6. ed. São Paulo: Ática, 2004. p.36. (Série: Atlas Visuais).

VRANCEANU, A.V. **El girasol**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1977. 379p.

WEIER, T.E.; STOCKING, C.R.; BARBOUR, M.G.; ROST, T.L. **Botany: an introduction to plant biology**. 6.ed. New York: J. Wiley, 1982. 720p.

WEISS, E.A. **Sunflower**. In: WEISS, E.A. **Oilseed crops**. New York: Longman, 1983. cap. 9, p.402-462.

WILLMER, C.; FRICHER, M. **Stomata**. 2.ed. London: Chapman & Hall.1996. 374p.

WARREN-WILSON, J. Effect of temperature on net assimilation rate. **Annals of Botany**, London, v.30, n.120, p.753-761, 1966.

Claudio Guilherme Portela de Carvalho  
Marcelo Fernandes de Oliveira  
Ana Cláudia Barneche de Oliveira  
Vania Beatriz Rodrigues Castiglioni

## **Introdução**

O estudo da herança genética, verificando o número de genes que controlam a expressão dos caracteres e as contribuições dos efeitos gênicos e dos efeitos ambientais nessa expressão, auxilia o melhorista de girassol (*Helianthus annuus* L.) na definição da metodologia mais adequada para selecionar os caracteres desejados e fornece uma indicação do grau de dificuldade para se atingir o objetivo proposto.

Em programas de melhoramento genético, é importante, também, o conhecimento da correlação entre caracteres quando se deseja fazer a seleção simultânea de caracteres, ou quando um caráter de interesse apresenta baixa herdabilidade, problemas de medição ou de identificação. Neste caso, ao selecionar outro caráter de alta herdabilidade, de fácil medição e de fácil identificação, que apresenta alta correlação com o caráter desejado, o melhorista poderá obter ganhos genéticos mais rápidos em relação ao uso de seleção direta.

A interpretação de uma correlação simples pode, contudo, resultar em equívocos na estratégia de seleção, quando uma correlação alta entre dois caracteres for consequência do efeito indireto de outros caracteres (Dewey & Lu, 1959). Assim, não é possível constatar se a correlação foi estabelecida por verdadeiras relações de causa e efeito. Com o intuito de melhor entender as causas envolvidas nas associações entre caracteres, Wright (1921) propôs um método denominado de análise de trilha (“path analysis”) que desdobra as correlações estimadas em efeitos diretos e indiretos de caracteres sobre uma variável básica.

Nesse capítulo, são descritos alguns estudos relacionados à herança de caracteres do girassol, bem como, os inter-relacionamentos desses caracteres.

## **Rendimento de grãos e os componentes de rendimento**

Um dos objetivos básicos de um programa de melhoramento genético de plantas é a obtenção de genótipos mais produtivos. No girassol, como em todas as culturas, o rendimento de grãos é um caráter complexo, pois é resultante da expressão e associação de diferentes componentes. Ele varia muito com o ambiente e, por consequência, sua herdabilidade é relativamente baixa comparada com outros caracteres.

A herança de rendimento de grãos de girassol é quantitativa na natureza e o controle do caráter depende de efeitos gênicos aditivos e não-aditivos. Nesse controle, alguns estudos mostraram maior contribuição da variância genética aditiva (Miller et al., 1980; Petakov, 1992) e em outros, da variância genética não-aditiva (Putt, 1966; Dua & Yadava, 1985, Ortegon-Morales et al., 1992). Os resultados discordantes são, provavelmente, devido à utilização de diferentes genótipos para a estimação das variâncias. Em todo caso, para testar a porção não-aditiva da variância genética, método de melhoramento que envolva alguma forma de avaliação de 'testcross', tal como seleção recorrente para Capacidade Específica de Combinação (CEC), pode ser mais efetiva na seleção para rendimento de grãos. Por outro lado, quando for desejado, pode-se adotar métodos de melhoramento, tais como, seleção recorrente para Capacidade Geral de Combinação (CGC) e seleção recorrente recíproca, que utilizam a porção aditiva da variância genética presentes em linhagens de girassol (Miller & Fick, 1997).

A diferença na contribuição dos efeitos gênicos na determinação da expressão do caráter rendimento de grãos pode ser, também, verificada observando-se a performance das linhagens parentais com seus respectivos híbridos. Schuster (1964) encontrou correlação positiva entre linhas parentais e seus híbridos  $F_1$ , para rendimento de grãos. Contudo, em ensaios realizados por Miller et al. (1982) e Ortegon-Morales et al. (1992), esta correlação foi nula, indicando que a seleção para este caráter deve ser feita com base na performance das linhagens em cruzamentos, em vez da performance das próprias linhagens.

Quanto à associação entre rendimento de grãos e os componentes de rendimento, ela tem sido estimada em diversos estudos de correlações simples e de análise de trilha.

Tyagi (1985) e Alvarez et al. (1992) encontraram correlação positiva significativa entre rendimento e número de grãos por capítulo. Kovácik & Skaloud (1990) e Marinkovic (1980) concluíram que a ação gênica não-aditiva foi predominante na herança do número de grãos por capítulo. Os

autores encontraram, principalmente, efeito de dominância ou de sobredominância influenciando a expressão do caráter. Com base em estudos de correlações totais e parciais, Kovácik et al. (1980) concluíram que número de grãos por capítulo foi três vezes mais importante que peso de grãos na determinação do rendimento. Estimativas de herdabilidade para número de grãos por capítulo variaram de 20% a 91% (Kesteloot et al., 1985; Omran et al., 1976).

Correlação positiva significativa entre rendimento de grãos e peso de 1000 grãos foram obtidas por muitos autores (Pathak, 1974; Shabana, 1974; Omran et al., 1976; Alba et al., 1979; Tyagi, 1985; Lakshmanrao et al., 1985; Sarno et al. 1992, Alvarez et al., 1992). Similar a rendimento de grãos, estudos com peso de grãos mostraram maior predominação dos efeitos aditivos (Fick, 1978; Dominguez & Miller, 1988) ou dos efeitos não-aditivos (Fick, 1978; Cecconi et al., 1987; Girira & Virupakshappa, 1992), dependendo do grupo de genótipos avaliados. Em outros, a contribuição foi similar para os dois efeitos (Putt, 1966; El-Hity, 1992). Estimativas de herdabilidade em sentido amplo para peso de grãos de girassol foram de níveis intermediários, variando de 30 a 66% (Pathak, 1974; Shabana, 1974; Kesteloot et al. 1985; Zhao-Cheng et al., 1988).

Correlação positiva e significativa entre o diâmetro do capítulo e o rendimento de grãos tem sido encontrada por Lakshmanrao et al. (1985) e Tyagi (1985). Em estudos de cruzamentos dialélicos envolvendo 12 parentais e 66  $F_1$ 's em girassol, Dua & Yadava (1985) verificaram a presença de variância genética aditiva e não-aditiva, com predominância da última, para diâmetro do capítulo. O efeito de sobredominância foi encontrado para este caráter. A herdabilidade para diâmetro do capítulo foi baixa a moderada (8,97 a 33,33%). Predominância de efeitos gênicos não-aditivos na expressão do caráter foi encontrada, também, por El-Hity (1992) e Girira et al. (1992).

Outros caracteres, tais como altura de planta, diâmetro de caule, duração do ciclo vegetativo e reprodutivo, área foliar e índice de colheita, foram correlacionados com rendimento de grãos (Cecconi et al., 1987; Merrien et al., 1982; Lakshmanrao et al., 1985; Tyagi, 1985; Zhao-Cheng et al., 1988; Kovácik & Skaloud, 1990; El-Hity, 1992).

Assim como em outras culturas, apesar da importância do estudo das correlações simples, a análise de trilha possibilitou um melhor entendimento das relações entre caracteres de girassol. No Quênia, por exemplo, encontrou-se correlação fenotípica entre rendimento de grãos (variável básica) e altura de planta ( $r= 0,59$ ), número de grãos por capítulo ( $r=$

0,47), diâmetro do capítulo ( $r= 0,38$ ) e peso de 100 grãos ( $r= 0,24$ ) e correlação negativa com teor de óleo ( $r= - 0,19$ ) (Tyagi, 1985). Apesar da correlação negativa entre teor de óleo e rendimento de grãos, a análise de trilha estimou efeito direto positivo do primeiro caráter sobre o segundo. Os autores sugeriram que os dois caracteres podem ser melhorados simultaneamente. Dentre os componentes de rendimento avaliados, diâmetro do capítulo teve o maior efeito direto sobre rendimento de grãos, mostrando ser um caráter importante na seleção da variável básica. A contribuição da altura de planta, número de grãos por capítulo e peso de 100 grãos sobre rendimento de grãos foi, principalmente, através do diâmetro do capítulo.

Em estudos de correlação e análise de trilha, em 21 híbridos e uma variedade, feitos por Lakshmanrao et al. (1985) para 15 caracteres, foram verificados que os caracteres índice de colheita, matéria seca total, peso de 100 grãos, enchimento de grãos, diâmetro do capítulo e teor de óleo tiveram correlação genotípica significativa com rendimento de grãos. A análise de trilha revelou que o índice de colheita teve o maior efeito direto sobre rendimento de grãos, seguido do teor de óleo. Os demais caracteres tiveram efeitos diretos negativos ou baixos, mas efeitos indiretos através do índice de colheita e teor de óleo. Isto indica que o rendimento de grãos pode ser aumentado, nesse caso, pelo incremento do índice de colheita e do teor de óleo.

A análise de trilha de rendimento de grãos de girassol cultivado em condições de estresse hídrico revelou que o índice de área foliar e a duração de área foliar foram estreitamente correlacionados com rendimento, através de efeitos indiretos sobre peso de 1000 grãos, indicando que, em casos de baixa disponibilidade de água, a área foliar mantida viva durante o enchimento de grãos é uma característica importante na elaboração do rendimento de grãos de girassol (Merrien et al., 1982).

## **Caracteres morfológicos da planta**

### **Número, tamanho e área da folha**

O rendimento de grãos depende amplamente da eficiência fotossintética da folha e da intensidade de translocação dos assimilados para o grão na ocasião de sua formação e de seu enchimento. Isto é essencial para garan-

tir a área foliar ótima por planta e por unidade de área (Skoric, 1985). Número e tamanho de folha por planta determina a área foliar total e a área foliar total por unidade de área de solo expressa o índice de área foliar.

Tamanho de folha, número de folhas e área foliar total por planta podem ser influenciados, principalmente, por efeitos ambientais, embora tenha sido relatada variância genética significativa para esses caracteres. Morozov (1947), citado por Skoric (1985), encontrou heterose em combinações híbridas  $F_1$  para número de folhas e em área foliar total. Sindagi et al. (1980) analisaram cruzamentos dialélicos de oito linhagens de girassol e encontraram sobredominância na herança de número de folhas. Marinkovic (1981), citado por Skoric (1985), estudou o modo de herança do número de folhas e da área foliar total por meio de cruzamentos dialélicos e encontrou que a ação gênica não-aditiva foi significativa. Por outro lado, Shabana (1974) obteve estimativa de herdabilidade em sentido amplo de 88,8% e um alto ganho genético esperado para área foliar por planta, sugerindo uma importância relativa dos efeitos gênicos aditivos.

O índice de área foliar é uma característica que está, muitas vezes, correlacionada com rendimento de grãos (Skoric, 1974; Shabana, 1974; Fereres et al., 1986). Em girassol, a intercepção máxima da luz é obtida quando os valores do índice de área foliar alcançam valores de 2,5 a 3,0, e rendimentos de grãos maiores são obtidos quando esses valores ocorrem em plantas com 50% de florescimento (Merrien, 1992). O estudo do modo de herança de índice de área foliar em geração  $F_1$  de cruzamentos dialélicos, feito por Skoric (1985), demonstrou que os efeitos gênicos não-aditivos foram mais importantes, predominando a sobredominância e a dominância completa.

### **Comprimento, largura e número de bráctea**

Brácteas, folhas modificadas situadas na periferia do capítulo de uma planta de girassol, apresentam atividade fotossintética. Essa atividade é particularmente intensa no estágio de formação de grãos. Weishenga (1991) indica que as brácteas contribuem em 5% para o rendimento total de grãos.

Foley & Hanzel (1986) cruzaram duas linhagens parentais com comprimento curto de brácteas e uma linhagem com comprimento longo de brácteas. O componente genético aditivo controlou 90 e 58% da variância

total nos cruzamentos. Hagen & Hanzel (1992) indicaram que mais de dois genes parecem estar envolvidos no controle do comprimento de brácteas, sendo que os efeitos epistáticos podem afetar a expressão do caráter. Cruzamentos entre linhagens com largura de brácteas distintas foram realizados por Foley & Hanzel (1986) e os efeitos aditivos foram responsáveis por 51 a 57% da variabilidade e efeitos devido à dominância contribuíram apenas em 15 a 22%. Por outro lado, Jovic & Skoric (1996) observaram, ao estudar o cruzamento dialélico entre quatro linhagens endogâmicas, que os componentes genéticos devido à dominância assumiram uma maior importância em relação ao componente genético aditivo na herança genética do comprimento, da largura e do número de bráctea. Efeitos epistáticos não foram importantes. Os parentais tiveram um maior número de genes dominantes para número de bráctea e de genes recessivos para comprimento e largura de bráctea. Houve o predomínio dos efeitos de sobredominância para os três caracteres. Foram obtidas estimativas de herdabilidade em sentido restrito e em sentido amplo de 66,0 e 97,7% para comprimento de bráctea, 83,8 e 99,0% para largura de bráctea e 42,4 e 91,0% para número de bráctea, respectivamente.

## **Ramificação**

A ramificação em girassol tem uma alta variabilidade morfológica. Ela pode ser curta ou longa; abundante, escassa ou basal e de topo ou em toda haste.

A ramificação em espécies silvestres é freqüentemente controlada por genes dominantes. Putt (1940) identificou um único gene dominante,  $Br_1$ , que controlou a ramificação sobre a haste inteira. Hockett & Knowles (1970) identificaram dois genes dominantes e duplicados,  $Br_2$  e  $Br_3$ , vinculados à expressão do caráter. O primeiro controlou a ramificação de topo e os dois genes juntos controlaram a ramificação em toda a haste. Kovácik & Skaloud (1990) relataram a presença de dois genes complementares controlando a ramificação em toda a haste. Quando um dos genes estava presente, os autores verificaram a ocorrência de ramos curtos e se os dois genes estavam presentes, eles observaram a ocorrência de ramos longos.

Na espécie cultivada, o caráter ramificação é determinado, principalmente, por genes recessivos. Putt (1964) estabeleceu que a ramificação intensa da linhagem 953-88-3 foi herdada por um gene recessivo,  $b_1$ . Atribuí-se a origem do gene  $b_1$  a uma espécie silvestre proveniente do Texas. Este tipo de ramificação sendo recessiva é inteiramente subordinada ao caráter

ter dominante para não ramificação. Assim, a geração  $F_1$  exibe somente plantas não ramificadas. Hockett & Knowles (1970) identificaram dois genes recessivos adicionais,  $b_2$  e  $b_3$ , que induziram ramificação sobre toda a haste, quando os dois genes estavam presentes em homozigose. A ramificação de topo foi induzida quando somente um dos dois genes estava presente. Kováčik & Skaloud (1990) observaram uma segregação na taxa 9:7 (não ramificado: ramificado) em geração  $F_2$  e determinaram a presença de dois genes,  $b_1$  e  $b_2$ , na expressão do caráter. As plantas foram ramificadas se um ou outro gene esteve em homozigose. Sandu et al. (1996) determinaram a herança do caráter ramificação realizando cruzamentos entre diferentes tipos. O cruzamento entre o tipo não ramificado com os tipos ramificados resultou em  $F_1$  com plantas não ramificadas. O resultado de cruzamentos entre dois tipos ramificados foi um tipo intermediário na geração  $F_1$ . Esse tipo foi intermediário para número e comprimento de ramos e posição e ângulo da inserção do ramo. O número de grupos fenotípicos variou de 3, 4 ou 7, demonstrando controle poligênico na herança. Diferentes tipos de ramificação no girassol cultivado foram controlados por diferentes genes recessivos e a influência do ambiente foi, também, demonstrada.

Com relação à associação entre a ramificação e os demais caracteres do girassol, Ross (1939) encontrou correlação negativa ( $r = -0,709$ ) entre número de ramificações e rendimento de grãos. Além dessa associação, Poggenpoel (1985) encontrou redução no diâmetro do capítulo (4,3 cm), na maturação fisiológica (2,4 dias) e no peso de 1000 grãos (12,4 gramas) e aumento no período de liberação de pólen (5,3 dias) e no teor de óleo (1,8%) em plantas multicapituladas, em relação a linhagens isogênicas unicapituladas. Contudo, nenhum desses caracteres foi transmitido aos híbridos.

Apesar da ramificação apresentar associação com alguns caracteres não desejáveis no girassol, ela é utilizada para a produção de híbridos comerciais de girassol nas linhagens restauradoras (progenitor masculino), devido à maturação não uniforme dos capítulos e, por consequência, permitir um maior período de liberação de pólen. Por outro lado, o girassol multicapitulado produz tamanho de capítulo pequeno e a sua maturação não uniforme dificulta a colheita. Por esses motivos, as linhagens macho-estéreis (progenitores femininos) e as cultivares comerciais de girassol são unicapituladas. É importante mencionar que existe um tipo de ramificação, denominada ramificação y, que produz dois capítulos com maturação simultânea e com caracteres morfológicos similares aos unicapitulados. Mesmo neste caso, Kestellot & Marcellán (1992) encontraram rendimen-

tos de grãos e de óleo similares ou menores que os unicapitulados, mesmo naqueles multicapitulados que apresentaram maior teor de óleo.

### **Altura de planta, acamamento e diâmetro do caule**

A altura de planta em girassol apresenta herança quantitativa, sendo encontrado em alguns estudos o predomínio de efeitos gênicos aditivos (Moutous & Roath, 1985; Berretta de Berger & Miller, 1985) e em outros, o predomínio de efeitos gênicos não-aditivos (Dua & Yadava, 1985; El-Hity, 1992), na determinação desse caráter.

Vários autores estimaram a herdabilidade de altura de planta, a qual variou de acordo com o método proposto e com o material genético avaliado. Pathak (1974) estimou herdabilidade em sentido amplo com valores de 20% e Shabana (1974), de 90%. Fick (1978) obteve valores entre 41 e 85%, em sentido amplo e de 20,4 a 37,5%, em sentido restrito. Em estudos para estimar herdabilidade em linhagens fêmea e macho, Skoric (1974) encontrou valores de 92% e 57%, respectivamente.

Em girassol, plantas altas são desejáveis em ambientes com baixo controle de doenças ou solos com baixo nível de fertilidade. Plantas baixas, além de facilitar a colheita, são desejáveis quando existem problemas de acamamento, isto é, em solos com alto uso de fertilizantes, em ambientes com fortes ventos ou com alta precipitação associada a condições de solo saturado (Berretta de Berger & Miller, 1985). O acamamento em girassol tem limitado a produção de grãos em muitas partes do mundo. Assim, a heterose para altura de planta não é um fenômeno desejável nessas regiões. Há, pelo menos, duas maneiras de vencer o problema da heterose em altura de planta. A mais simples é identificar um único gene que reduza a altura de planta. A outra é desenvolver híbridos usando linhas endogâmicas com o mesmo complemento genético controlando altura de planta. Isto pressupõe que não haja relação negativa entre altura de planta e rendimento de grãos. Além disso, a herança genética precisa ser não complexa, mas o controle de um único gene não é requerido (Lay & Khan, 1985).

Altura reduzida controlada por um único gene recessivo foi relatada por Vranceanu (1974), Fick (1978), Beretta de Berger & Miller (1985) e Cecconi et al. (2002). Por outro lado, um único gene dominante, *Dw*, controlou a altura reduzida nas linhagens 'Donskoi 47' e 77AB (K2373) (Tolmachov, 1991).

Quanto aos benefícios do cultivo de genótipos anões, Fick et al. (1985) mencionaram que, em 1980, após severos danos por tempestade, híbridos

anões tiveram 4% de acamamento e rendimento de 1373 kg/ha quando comparados a 50% de acamamento e 730 kg/ha para os híbridos comerciais. Contudo, Brigham & Young (1985), avaliando híbridos anões no Texas, verificaram que os mesmos apresentaram diâmetro do caule, diâmetro do capítulo e rendimento de grãos menores que híbridos com porte normal.

A descoberta e o uso extensivo dos genes para nanismo, em programas de melhoramento genético, têm sido importantes para melhor entender os mecanismos genéticos e fisiológicos associados ao desenvolvimento e crescimento de uma planta. Cecconi et al. (2002) observaram um mutante anão afetando o crescimento vegetativo e reprodutivo. Os autores conseguiram reverter as plantas ao fenótipo normal após o tratamento com ácido giberélico, sendo que a enlogação dos internódios foi diretamente relacionada a concentração do ácido. Os resultados sugeriram que o mutante estava envolvido com a rota metabólica da síntese do ácido giberélico.

Além da altura de planta, o acamamento está relacionado com o diâmetro do caule e com o tipo de sistema radicular. Assim, o controle genético desse caráter é complexo. Russel (1953) verificou que a porcentagem de plantas acamadas de linhagens endogâmicas foi correlacionada ( $r = 0,51$ ) com o acamamento de seus híbridos, sugerindo uma herdabilidade média. Segundo Vranceanu & Stoenescu (1971), a resistência ao acamamento na geração  $F_1$  foi, geralmente, intermediária ao registrado nas linhagens parentais. Eles observaram que esse caráter parece ser controlado por um número de genes com ação aditiva.

A herança genética do diâmetro do caule foi estudada por Miller & Hammond (1991) utilizando três fontes de altura reduzida. Os componentes genéticos devido a dominância controlaram a expressão do caráter em 34 a 61%, enquanto os componentes aditivos em 12 a 50%. Efeitos epistáticos estavam presentes, mas em menor grau. A alta importância relativa dos componentes devido a dominância controlando diâmetro do caule indicou que algumas formas de avaliação em 'testcross' devem ser realizadas para identificar linhagens para aumentar o diâmetro do caule em híbridos. Em estudos de cruzamentos dialélicos envolvendo 12 parentais e 66  $F_1$ 's em girassol, Dua & Yadava (1985) verificaram, também, a presença de variância genética aditiva e não-aditiva, com predominância da última, para diâmetro do caule. O efeito de sobredominância foi encontrado para esse caráter e a estimativa da herdabilidade foi baixa a moderada (8,03 a 33,99%).

## **Caracteres da semente**

### **Teores de óleo e de proteína**

A semente do girassol é formada quase que totalmente por tecido embrionário, com pouco ou nenhum endosperma na maturidade. Ela pode ser influenciada pela heterose se a fonte de pólen for genotipicamente diferente do parental feminino (Low, 1982). Contudo, em alguns estudos que avaliaram a percentagem de óleo em grãos mostraram que o genótipo materno foi o determinante primário do caráter (Miller et al., 1982; Ortegon-Morales et al., 1992).

Diferente do obtido para rendimento de grãos, Miller et al. (1982) obtiveram correlação positiva e significativa entre teor de óleo de linhagens F4, F5 e F6 com teor de óleo de seus híbridos. A análise de regressão múltipla indicou que 50,5% da variação no teor de óleo dos híbridos podem ser explicadas pela variação no teor de óleo das linhagens fêmeas, o que implica em alta herdabilidade. Como o teor de óleo de linhagens fêmeas foi transmitido para os híbridos, uma seleção efetiva nessas linhagens pode ser praticada. Seleção precoce em F4 parece ser um bom indicador para teor de óleo.

Ortegon-Morales et al. (1992) selecionaram duas linhagens fêmeas, e três linhagens machos, com alto teor de óleo, cujos híbridos alcançaram uma média de 46,5%. Para um mesmo número de linhagens fêmeas e de linhagens machos com menor teor de óleo no grão, seus híbridos obtiveram uma média de 40,6%. Além disso, 17 híbridos das duas fêmeas com maior teor de óleo apresentaram igual ou superior teor de óleo que a média geral enquanto as fêmeas com menor teor de óleo tiveram apenas quatro híbridos. Para as linhagens machos com maiores teores de óleo foram obtidos 10 híbridos contra oito obtidos com as três linhagens machos com menor teor de óleo. Os autores indicaram que a seleção de linhagens 'per se' para alto teor de óleo é efetiva principalmente em linhagens fêmeas, em que há menos riscos de eliminar linhagens com menor teor de óleo, mas com boa capacidade geral de combinação. Para linhagens doadoras de pólen, os riscos são maiores. As linhagens machos com baixos teores de óleo podem ser levadas em consideração quando tiverem outro caráter importante.

Apesar da contribuição do progenitor feminino para a determinação do teor de óleo em híbridos, algumas pesquisas mencionam a contribuição do parental doador de pólen nessa determinação. Sindagi (1976), por exemplo, cruzou dois progenitores masculinos com fontes de citoplasma macho

estéril (CMS) apresentando diferentes teores de óleo. Ele encontrou que caracteres como teor de óleo e peso de grão foram influenciados pelos progenitores masculinos. Os híbridos tiveram um aumento de 15% e 24% (média dos híbridos dos dois progenitores masculinos) em percentagem e em conteúdo de óleo (mg/grão), respectivamente, em comparação com os cruzamentos entre as fontes CMS e suas respectivas linhagens mantenedoras. Low (1982) relata que a heterose causada pelo progenitor doador de pólen e expressa como percentagem de óleo pode ser pequena, mas a contribuição desse progenitor pode ser significativa se expressa como conteúdo de óleo/grão. Para esse autor, a heterose pode afetar o tamanho de grão que, por sua vez, pode aumentar o conteúdo de óleo por grão (mg/grão), devido ao genótipo do pólen. Em ensaios realizados por Low (1982), a heterose, causada pela ampla diferença genética entre os progenitores masculinos e femininos, produziu um aumento de 77% no conteúdo de óleo por grão. Muito desse aumento foi relacionado ao tamanho de grão.

O teor de óleo em girassol apresenta herança quantitativa. Vários estudos têm demonstrado que os efeitos gênicos aditivos são mais importantes que os não-aditivos para esse caráter (Putt et al., 1969, Skoric, 1976, Bedov, 1985, El-Hity, 1988). Estimativas de herdabilidade observadas para teor de óleo em girassol variam de modo considerável e essa variação é, provavelmente, devido a diferenças no germoplasma estudado, aos efeitos ambientais e ao método de estimação. Shabana (1974) observou uma herdabilidade em sentido amplo de 65% para teor de óleo quando estudou 10 populações de girassol. El-Hity (1988) obteve estimação de herdabilidade em sentido restrito para teor de óleo de 51% em cruzamentos dialélicos de seis linhagens avaliadas por dois anos. Contudo, Soltani & Arshi (1988) obtiveram uma herdabilidade em sentido restrito para teor de óleo de apenas 29%. A predominância de ação gênica aditiva e de herdabilidade média a alta controlando o teor de óleo em girassol indica que o incremento do caráter pode ser feito por meio da seleção de plantas individuais em cultivares de polinização aberta ou em linhagens melhoradas para serem utilizadas na produção de híbridos. Essa seleção pode ser feita em gerações precoces (Miller & Fick, 1997).

Apesar do girassol ser considerado uma cultura oleaginosa, o seu farelo é utilizado como fonte de proteína para alimentação animal em muitos países. Bedov (1985) realizou cruzamentos dialélicos entre 11 linhagens com diferentes origens genéticas e teores de óleo e de proteína no grão. Os resultados experimentais revelaram que a ação gênica aditiva governou a herança do teor de óleo e a ação gênica não-aditiva governou a herança do

teor de proteína, com predomínio de dominância parcial. Linhagens com alta capacidade geral de combinação (CGC) para teor de óleo tenderam a ter baixa CGC e valores abaixo de 20% para teor de proteína. Heterose negativa para teor de proteína foi freqüente nas combinações híbridas. Assim, as combinações  $F_1$  tiveram menores teores de proteína em relação aos seus parentais. Além disso, a maioria dessas combinações teve alta heterose positiva para teor de óleo. Os processos de síntese de óleo foram dominantes sobre os de síntese de proteína no grão, e os dois caracteres foram correlacionados negativamente. Correlação negativa entre esses dois caracteres foi encontrada, também, por diversos outros autores (Ivanov & Stoyanova, 1978; Stanojevic et al., 1992). Stanojevic et al. (1992) investigaram as associações entre esses dois caracteres em linhagens de diferentes origens geográficas. Eles verificaram que linhagens originadas da Espanha, Argentina e Rússia e população local do leste da Sérvia tiveram coeficientes de correlação negativos ( $r = -0,87, -0,21, -0,18, e -0,05$ ). Linhagens provenientes da Bulgária tiveram coeficientes de correlação positivos ( $r = 0,38$ ). Bedov (1985) observou, também, uma exceção entre 11 linhagens endogâmicas, indicando que é possível aumentar, simultaneamente, os dois teores em linhagens endogâmicas.

Apesar da correlação entre os teores de óleo e de proteína ter sido, geralmente, negativa em ensaios experimentais, Pustavoit & Diakov (1971 e 1972), citado por Bedov (1985), mencionaram que o aumento no rendimento de óleo por unidade de área não reduz o rendimento de proteína, mas apenas o teor de proteína no grão. O rendimento de proteína por unidade de área é resultado do rendimento de grãos e de seu teor no grão. Bedov (1985) sugere que o mais eficiente mecanismo de aumentar rendimento de proteína por área é aumentar o rendimento de grãos por hectare.

## **Ácidos graxos**

A qualidade nutricional e o uso de um óleo estão intimamente relacionados com sua composição em ácidos graxos. O óleo de girassol cultivado contém, geralmente, um total de 85% a 91% de ácidos graxos oléico e linoléico e 9-12% de ácidos graxos saturados (ácidos graxos palmítico e esteárico) (Kinmam, 1972). Tradicionalmente, as cultivares comerciais de girassol utilizadas no mundo apresentam maior teor de ácido graxo linoléico, em relação aos demais ácidos graxos. Contudo, o aumento do conteúdo de outros ácidos graxos no óleo tem sido estimulado para a sua utilização em novos mercados. A alternativa mais bem sucedida tem sido a obtenção de genótipos com alto teor do ácido oléico ou ácido graxo monossaturado, com

níveis superiores a 800 g/kg de óleo (Miller & Fick, 1997). A vantagem desse tipo de óleo é o seu alto grau de estabilidade oxidativa (Fuller et al., 1967) e sob o ponto de vista nutricional, reduz o colesterol no plasma sanguíneo, o qual é um fator de risco para doenças coronárias do coração (Fernández-Martínez et al., 1989).

Correlação negativa alta entre os ácidos graxos oléico e o linoléico no girassol cultivado foi encontrada por vários autores (Putt et al., 1969; Zimmerman & Fick, 1973; Seiler, 1985). Essa relação é altamente influenciada pelo ambiente, especialmente pela temperatura (Robertson et al., 1979). Putt et al. (1969) observou ainda que esses ácidos graxos mostraram alguma associação com o ácido esteárico. O ácido palmítico não mostrou associação significativa com os três ácidos graxos. Zimmerman & Fick (1973) obtiveram resultados similares, exceto para a correlação entre o ácido graxo oléico e o esteárico que foi alta. Além disso, eles observaram que os teores de ácido linoléico e palmítico aumentaram e o teor de ácido oléico diminuiu da parte radial para a central do capítulo. Essa diferença no teor de um dado ácido graxo em grãos de um mesmo capítulo pode ser explicada devido ao seu florescimento durar sete a 10 dias e começar da parte radial para a central do capítulo. Assim, grãos individuais podem maturar sob diferentes condições ambientais e apresentarem diferentes teores de ácidos graxos.

Em espécies silvestres anuais, o óleo contém, geralmente, um total de 88-94% de ácidos graxos oléico e linoléico e 5-9% de ácidos graxos saturados. Seiler (1985) avaliou o inter-relacionamento entre os quatro ácidos graxos em 35 espécies silvestres anuais de girassol e verificou a existência de correlação positiva entre o ácido palmítico com o esteárico ( $r=0,561$ ) e o linoléico ( $r=0,311$ ) e negativa entre os ácidos palmítico e oléico ( $r=-0,422$ ). As correlações entre o ácido graxo esteárico com oléico e linoléico foram negativa ( $r=-0,644$ ) e positiva ( $r=0,521$ ), respectivamente. Os ácidos graxos oléico e o linoléico apresentaram altas correlações negativas ( $r=-0,989$ ). Ao comparar as espécies silvestres com o híbrido 894, os autores observaram que os inter-relacionamentos entre os ácidos graxos das espécies silvestres não seguiram o mesmo modelo do híbrido comercial, exceto para os ácidos graxos oléico e linoléico e os ácidos graxos palmítico e esteárico. As outras correlações estimadas tiveram similar magnitude, mas com sinal diferente.

Estudos de herança genética do ácido graxo linoléico são difíceis devido a grande influência ambiental sobre o mesmo. Contudo, linhagens endogâmicas de girassol com níveis estáveis e superiores ao normal de

ácido graxo linoléico foram testadas em uma ampla faixa de temperatura de maturação na Austrália (Simpson et al., 1989). A herança de alto teor de ácido graxo linoléico foi controlada, principalmente, por um gene parcialmente recessivo com influência materna. Para maximizar o nível de ácido graxo linoléico em híbridos é necessário que os seus parentais tenham alto teor desse ácido.

Mutantes de girassol com nível alto e estável de ácido oléico nos grãos foram obtidos por Soldatov (1976), após tratamento de semente com dimetil sulfato. Alto teor de ácido graxo oléico é controlado por um gene  $O_1$  com dominância incompleta (Fick, 1984) ou completa (Schimidt et al., 1989). Miller et al. (1987) observou que um gene modificador, agindo recessivamente, influenciou o teor de ácido oléico, principalmente nas classes dos níveis intermediário e alto. Quando o gene recessivo,  $m_1$ , estava presente em homozigose e combinado com o gene  $O_1$ , níveis de ácido graxo oléico no grão foram superiores a 820 g/kg de óleo. A ação desse gene foi particularmente evidente quando plantas  $F_2$  foram autopolinizadas com o objetivo de obter segregantes com alto teor desse ácido graxo. O número de segregantes  $F_3$  nessa classe foi menor que o esperado caso um único gene dominante estivesse controlando a expressão do caráter. Fernández-Martínez et al. (1989) estudaram, também, o controle genético de plantas com níveis intermediários do ácido. A taxa 9:3:4 em  $F_2$  indicou a presença de dois genes dominantes e complementares,  $O_{1_1}$  e  $O_{1_2}$ . Duas populações  $F_3$  segregaram à razão de 27:9:28, levando os autores a postularem que um terceiro gene,  $O_{1_3}$ , estaria também controlando o teor do ácido graxo oléico. Diferenças interpretativas desses estudos podem ser devido ao 'background' genético das linhagens parentais utilizadas, ao ambiente utilizado para testar as gerações segregantes (especialmente na avaliação das classes intermediárias) e ao número de genes modificadores presentes nos genótipos parentais. Contudo, devido ao baixo número de genes dominantes envolvidos na expressão do caráter e ao seu controle embrionário (não maternal), o desenvolvimento de linhagens e de híbridos com altos teores de ácido graxo oléico é uma tarefa relativamente simples.

Apesar da fácil obtenção, a viabilidade para o desenvolvimento de híbridos com altos teores de ácido graxo oléico depende da associação dos genes  $O_1$  com caracteres agrônômicos de girassol e com as condições ambientais. Fernández-Martínez et al. (1992) observaram a associação entre esses genes e caracteres morfológicos de híbridos isogênicos com alto e baixo teor de ácido oléico, avaliados em três condições ambientais. Os genes  $O_1$  afetaram rendimento de grãos, especialmente em condições de seca, onde os

híbridos com alto teor de ácido oléico tiveram maior rendimento de grãos em relação aos isogênicos com baixo teor. Aparentemente alelos Ol podem estar associados com genes de outros locos para adaptação à seca e/ou condições de temperatura alta. Segundo os autores, a variação foi devida a maior produção de biomassa, uma vez que não houve diferença significativa no índice de colheita. Além disso, a adição dos genes Ol reduziu o grau de auto-compatibilidade de todos os híbridos. Esta relação pode ser considerada não benéfica para a produção de híbridos com alto teor de ácido oléico, uma vez que este caráter é um importante objetivo em programas de melhoramento. Contudo, a redução no grau de auto-compatibilidade variou com o genótipo e com o ambiente, o que permite desenvolver híbridos auto-compatíveis com alto teor de ácido oléico. O teor de óleo e o comprimento do ciclo foram influenciados pelos genes Ol somente para alguns híbridos e/ou ambientes.

Para o girassol se manter em uma posição competitiva no mercado de óleos vegetais comestíveis, além de híbridos com alto teor de ácido graxo linoléico ou oléico, é importante o desenvolvimento de genótipos com baixo teor de ácidos graxos saturados, pois certos estudos indicam que esses ácidos contribuem para o aumento no nível de colesterol plasmático, um fator associado com doenças cardíacas (Heaton, 1992). O autor descobriu um determinante citoplasmático para baixos níveis de ácidos graxos saturados em girassol. O uso desse variante como progenitor feminino na produção de híbridos, resultou em sementes híbridas com teor inferior a 6% de ácido graxo palmítico e esteárico. Alguns genótipos chegaram a apresentar 1% de ácido graxo esteárico e 3% de ácido graxo palmítico. O efeito do variante citoplasmático na redução da síntese de ácidos graxos saturados nos grãos foi independente da região de cultivo. Por reduzir para menos da metade o teor normal de ácidos graxos saturados em grãos de girassol, os teores dos ácidos graxos insaturados foram aumentados. O citoplasma descrito (LSPET1) é um variante do PET1, que confere, também, macho-esterilidade.

Se para a alimentação humana os teores de ácidos graxos saturados devem ser reduzidos, isto pode não ser verdadeiro para algumas aplicações industriais. Miller & Fick (1997) mencionam que óleo com alto teor de ácido palmítico pode ser estável a altas temperaturas e ser usado como um substituto do óleo de palma na produção de sabão. Ivanov et al. (1988) utilizou raios gama em grãos secos para produzir girassol com conteúdo de 402 g/kg de ácido graxo palmítico. Esse valor é quatro ou cinco vezes maior que os apresentados pelos híbridos comerciais. A análise genética de progênie de cruzamentos entre linhagens com diferentes

teores de ácido graxo palmítico indicou que o baixo teor de ácido graxo palmítico foi controlado por dominância incompleta ou parcial. Esses resultados revelam a necessidade da presença dos altos teores de ácido graxo palmítico nos dois parentais para produzir híbridos com alto teor desse ácido.

## **Caracteres da flor**

### **Produção de néctar**

A expansão do cultivo de girassol em regiões com baixa frequência de polinização por insetos ou com condições climáticas desfavoráveis para as suas atividades, bem como a intensificação do controle químico de pragas no período de polinização, tem determinado o desenvolvimento de trabalhos de melhoramento para obter híbridos de girassol auto-compatíveis (Fick, 1978; George et al., 1980). A pressão de seleção neste caráter tem sido grandemente aumentada por cruzamentos sem polinização artificial de capítulos protegidos por sacolas, com descarte das plantas auto-incompatíveis.

Vranceanu et al. (1985) estudou as implicações do aumento do nível de auto-fertilidade no valor melífero do girassol e verificou uma correlação negativa significativa entre a auto-fertilidade e o índice melífero (produto do teor de néctar e sua concentração de açúcar), indicando que a adaptação do girassol a polinização de insetos está associada a produção de néctar. Esses resultados são discordantes com os obtidos por Sammataro et al. (1984) que observaram que a linhagem HA 89 mostrou maior teor de néctar e maior nível de auto-fertilidade, entre as linhagens avaliadas.

Furgala et al. (1976) encontraram híbridos  $F_1$ , provenientes dos cruzamentos entre linhagens com macho-esterilidade citoplasmática e linhagens restauradoras, produzindo altos níveis de néctar, excedendo aos dos parentais, sugerindo que os efeitos gênicos devidos à dominância podem ser importantes no controle desse caráter. Veary et al. (1990) observaram a composição e as características quantitativas do néctar e produção de pólen das linhagens parentais e de seus híbridos. A composição de açúcar foi estável entre genótipos. Diferenças significativas foram encontradas no volume de néctar por florículo, conteúdo de matéria seca, valor energético por florículo e número de grãos de pólen por florículo. O volume de néctar por florículo teve maior herdabilidade.

## Dias para o florescimento e dias para a maturação

Estudos relacionados ao controle genético de dias para o florescimento em girassol são conflitantes, sendo que o tipo de ação gênica associada a esse caráter parece ser extremamente dependente do material genético utilizado (Miller & Fick, 1997).

Putt (1966) observou que híbridos  $F_1$  foram tão ou mais precoces que seus parentais, sugerindo que florescimento precoce foi dominante em relação ao florescimento tardio. Contudo, muitos híbridos tiveram datas de florescimento intermediário aos seus parentais. Jan (1986) observou que florescimento precoce foi dominante em relação ao florescimento tardio e foi controlado por um único gene dominante. Por outro lado, Fick (1978) detectou um único gene recessivo condicionando florescimento precoce.

Stoenescu (1974) postulou que a duração do período vegetativo teve controle poligênico, com alguns genes controlando dias para o florescimento e dias para a maturação e outros controlando o foto-periodismo. Kovácik & Skaloud (1978) verificaram que o período entre a fase de semeadura ao início da formação do botão floral (R1) foi governado por muitos genes com predomínio de ação gênica aditiva. O período entre R1 e o início de antese (R5) foi controlado por um único gene dominante e o período entre R5 e a maturação fisiológica (R9) mostrou ter, também, herança simples. As análises dos efeitos gênicos de altura de planta em girassol, realizadas por Roath et al. (1982), Berretta de Berger & Miller (1985) e El-Hity (1992), demonstraram a maior importância dos efeitos gênicos aditivos para dias para o florescimento.

Shabana (1974) estimou herdabilidade em sentido amplo para dias para o florescimento de 97,7%. Herdabilidade alta foi, também, estimada por Russel (1953), com base em correlações entre dias para florescimento de linhagens endogâmicas e suas respectivas progênes ( $r=0,86$  e  $0,91$ ). Por outro lado, Roath et al. (1982) observaram maior importância dos efeitos aditivos, mas com herdabilidade de 39,8%, indicando sucesso moderado na seleção desse caráter.

Dias para a maturação fisiológica (R9) é, geralmente, um caráter associado com dias de emergência ao florescimento e dias do florescimento a maturidade (Chervet & Vear, 1990). Putt (1966) verificou que híbridos  $F_1$  foram mais precoces que seus parentais e sugeriu que os efeitos gênicos aditivos foram relativamente importantes no controle de dias para a maturação. Contudo, Miller & Fick (1997) mencionam que, assim como para dias para o florescimento, o tipo de ação gênica controlando dias para a maturação depende do material genético usado no estudo.

## **Auto-incompatibilidade e auto-fertilidade**

Heiser (1954) observou que muitas espécies silvestres de *Helianthus* são completamente auto-incompatíveis. A auto-incompatibilidade em girassol é, também, comum e, em algumas populações, ela é próxima de ser completa. Fick (1978) observou um alto nível de variabilidade entre linhagens de girassol, variando de completamente auto-fértil a completamente auto-estéril. Contudo, melhoristas de girassol obtêm, atualmente, híbridos e linhagens endogâmicas com auto-fertilidade tão alta quanto 80 a 100% quando se compara capítulo de polinização aberta e capítulo ensacado antes da polinização (Miller & Fick, 1997). O grau de auto-incompatibilidade e de auto-fertilidade dependem de três condições: o ambiente, a morfologia da estrutura floral e o controle genético.

George et al. (1980) indicaram que o período de florescimento com temperaturas mais elevadas reduziu a auto-compatibilidade. Piquemal & Mouret (1980) determinaram que híbridos plantados em ambientes secos e quentes com inclinação de capítulo de 90 a 135° poderão ter maior auto-fertilidade que capítulos com inclinação de 180° (posição de capítulo vertical).

Muitos caracteres morfológicos podem influenciar o grau de auto-fertilidade em girassol. Segala et al. (1980) relatam que a diferença na quantidade de pólen, observada em cultivares, afetou esse grau. Os autores determinaram, também, que a aglutinação do pólen influenciou na sua mobilidade. Em cultivares com forte aglutinação, o pólen formou uma massa pastosa sob a superfície do estigma, dificultando a auto-fertilização. George & Klungness (1980), citado por Miller & Fick (1997), mencionaram que o comprimento do estilete dos genótipos variou de modo considerável e a auto-fertilidade desses genótipos foi menor quando o comprimento do estilete foi mais longo.

Quanto aos estudos genéticos, eles podem ser divididos em duas categorias: (i) aqueles investigando o sistema de auto-incompatibilidade e (ii) aqueles investigando controle genético de auto-fertilidade.

### **i) Herança genética da auto-incompatibilidade**

A auto-incompatibilidade em girassol é esporofítica na natureza. Habura (1957), citado por Miller & Fick (1997), observou que pelo menos dois locos S com multi-alelismo governaram a auto-incompatibilidade e a expressão foi influenciada por fatores fisiológicos. Lofgren & Nelson (1977) em cruzamentos entre uma linhagem auto-incompatível e uma linhagem

auto-compatível encontraram que a segregação de plantas na geração  $F_2$  suportou, também, um modelo de dois genes.

De acordo com Vranceanu et al. (1978), a influência genética na auto-incompatibilidade é complexa e as condições ambientais têm uma grande influência na sua expressão. Efeito de dominância incompleta foi observado na maioria dos cruzamentos, embora efeitos gênicos aditivos foram, também, importantes.

Fernández-Martínez & Knowles (1978) estudaram o sistema de auto-incompatibilidade em sete acessos de *H. annuus* silvestre. Eles observaram que o sistema de incompatibilidade foi esporofítico e governado por, pelo menos, cinco alelos S diferentes de um mesmo loco. Foi verificado, no pólen, o efeito de dominância de um alelo sobre o outro e no estilo, ausência de dominância.

## ii) Herança genética da auto-fertilidade

A auto-fertilidade é um fator decisivo para rendimento de grãos, especialmente sob condições desfavoráveis para a polinização (condições climáticas desfavoráveis durante o florescimento ou áreas onde o número de polinizadores seja reduzido). Skaloud & Kovácik (1994) mostraram que um híbrido obtido de cruzamentos de linhagens auto-férteis foi, geralmente, mais auto-fértil que os parentais. Soare & Vranceanu (1996) obtiveram correlação positiva e significativa ( $r=0,54$ ) entre o grau de auto-fertilidade das linhagens e de seus híbridos, indicando que para se obter um híbrido com alto grau de auto-fertilidade é necessário aumentar a pressão de seleção nas linhagens endogâmicas para esse caráter. Assim, o nível de auto-fertilidade de um híbrido é altamente dependente da auto-fertilidade de suas linhagens. Em  $F_1$ , foi encontrado o efeito de dominância para auto-fertilidade. Efeitos aditivos e epistáticos estavam, também, envolvidos. A herdabilidade desse caráter foi moderada ( $h^2 = 0,11$  a  $0,67$ ) e o número de genes envolvidos no controle genético da auto-fertilidade foi de 5 a 12. Herdabilidade moderada (= 38,5%) com base em regressões pai-filho foi encontrada, também, por Kloczowski (1972).

Segundo Skaloud & Kovácik (1996), o grau de expressão da auto-fertilidade depende muito da forma em que se estabelece a auto-polinização. Após a geitonogamia, as interações entre genes determinando a herança da auto-fertilidade são expressas em vários graus de dominância incompleta da auto-fertilidade, onde a ausência de dominância é um caso extremo. Por outro lado, após a autogamia, o efeito final é manifestado por

uma tendência a dominância incompleta da auto-esterilidade (eventualmente baixo grau de auto-fertilidade) ou, de novo, por uma tendência a um estado próximo a ausência de dominância. Com base nessa herança, os autores mencionaram que os híbridos desenvolvidos pelo cruzamento de duas linhagens auto-férteis podem obter um alto grau de enchimento de grãos sob condições desfavoráveis para a polinização. As duas linhagens podem ser, também, mantidas facilmente por autogamia. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Skaloud & Kovácik (1994) e Soare & Vrânceanu (1996). Ainda segundo Skaloud & Kovácik (1996), híbridos desenvolvidos com participação de uma linhagem com nível médio de auto-fertilidade (oferecendo um maior enchimento de grãos somente após a geitonogamia) irá ter, sob condições desfavoráveis para a polinização, ligeira redução no enchimento de grãos e a linhagem parental deve ser mantida por geitonogamia. Na produção de híbridos, deve-se restringir o uso de linhagens com tendência a auto-esterilidade, devido ao risco desses híbridos terem baixo enchimento de grãos em condições desfavoráveis para polinização ou de obter altos rendimentos somente em condições favoráveis para a polinização. Seu uso é justificado somente quando ela é doadora de genes necessários. Sua manutenção é feita por adelfogamia.

### **Macho-esterilidade nuclear**

A macho-esterilidade nuclear foi descoberta primeiramente em girassol por Kuptsov em 1934 e é controlada por um único gene recessivo (Miller e Fick, 1997). Putt (1966) identificou dois tipos de macho-esterilidade nuclear, uma que não produz pólen e o outro que produz 10 a 20% de pólen normal ou macho-esterilidade nuclear parcial.

Após a descoberta de Kuptsov, um grande número de pesquisas tem indicado que a macho-esterilidade nuclear foi controlada por um ou mais genes recessivos. Vrânceanu et al. (1972, 1974), citado por Miller e Fick (1997), analisaram um cruzamento entre dez fontes de macho-esterilidade nuclear e identificaram cinco genes diferentes,  $ms_1$ ,  $ms_2$ ,  $ms_3$ ,  $ms_4$ ,  $ms_5$ . Por outro lado, o controle por dois genes recessivos complementares (Burlov, 1974) e por dois genes com efeitos epistáticos (Putt & Heiser, 1966) foi, também, detectado.

A mais interessante e útil aplicação da macho-esterilidade nuclear está vinculada a sua ligação com as colorações do hipocótilo e do pecíolo da folha. O alelo  $Ms_1$  de plantas macho-férteis é ligado ( $1,3 \pm 0,2$ ) ao gene T

que controla a coloração da antocianina (vermelha) (Stoenescu & Vranceanu, 1977, citados por Miller & Fick, 1997). O uso desse tipo de macho-esterilidade nuclear possibilita a produção de híbridos de cruzamentos simples e, também, a criação de testadores para cruzar com linhagens endogâmicas de geração precoce para produzir híbridos 'testcross'. Mas, atualmente, a macho-esterilidade nuclear não tem sido utilizada nos programas de melhoramento genético.

### **Macho-esterilidade citoplasmática e restauração da macho-fertilidade**

A macho-esterilidade citoplasmática associada a genes restauradores de fertilidade do pólen têm sido os principais promotores do desenvolvimento de híbridos comerciais de girassol no mundo. Esse sistema revela três modelos dependentes do relacionamento entre o citoplasma e o núcleo. São eles: - autoplasmático, quando citoplasma e núcleo são originados de uma mesma espécie, - holoplasmático, citoplasma e núcleo vêm de duas populações de uma mesma espécie, - aloplasmático, eles são originados de duas espécies diferentes. Para o último modelo, freqüentemente descrito em *Helianthus*, a interação entre citoplasma e núcleo gera progênes estéreis somente após algumas gerações de retrocruzamentos (Iuoras et al. 1992).

Há mais de 40 fontes de citoplasma macho-estéril (CMS) identificadas no gênero *Helianthus*, desde a descoberta do citoplasma CMS PET1, por Leclercq, em 1968, na progênie do cruzamento entre *H. petiolaris* e o girassol (Leclercq, 1969). A maioria dos CMS é originária de espécies silvestres, sendo que as espécies que mais contribuíram foram *H. annuus* (19 fontes), *H. petiolaris* (6), *H. argophyllus* (3) e *H. praecox* (3). Os dados mostram a existência de uma considerável diversidade citoplasmática intra e inter-específica no gênero *Helianthus*. Um código padrão tem sido atribuído para cada fonte de CMS, de acordo com a codificação da FAO (Tabela 1) (Serieys, 1996).

Apesar da busca de novas fontes de CMS, a grande maioria dos híbridos é feita, atualmente, com base em CMS PET1. Contudo, a utilização dessas novas fontes é importante, em programas de melhoramento genético, para aumentar a base genética e reduzir a vulnerabilidade das cultivares a estresses provocados pelo ambiente e por doenças. Um exemplo dessa vulnerabilidade ocorreu com a epidemia de *Helminthosporium maydis* em milho com o citoplasma Texas, em 1970 (Tatum, 1971). A diversidade de

**Tabela 1.** O código da FAO, nome comum, espécie de origem, referência das fontes de macho-esterilidade (CMS) conhecidas em girassol (Serieys, 1996; Miller e Fick, 1997).

Código FAO	Nome comum	Espécie de origem	Referência
ANL1	Kouban, Anashenko	<i>H. annuus lenticularis</i>	Anaschenko, 1974
ANL2	Indiana 1	<i>H. annuus lenticularis</i>	Heiser, 1982
ANL3	VIR 126	<i>H. lenticularis</i>	Anaschenko, 1974
ANN1	<i>H. annuus</i> 397	<i>H. annuus</i> silvestre	Serieys, 1984
ANN2	<i>H. annuus</i> 517	<i>H. annuus</i> silvestre	Serieys, 1984; Jan, 1988
ANN3	<i>H. annuus</i> 519	<i>H. annuus</i> silvestre	Serieys, 1984; Jan, 1988
ANN4	<i>H. annuus</i> 521	<i>H. annuus</i> silvestre	Serieys, 1984
ANN5	NS-ANN 81	<i>H. annuus</i> silvestre	Shoric, 1988 citado por Miller e Fick, 1997
ANN6	NS-ANN-2	<i>H. annuus</i> silvestre	Skoric, 1988 citado por Miller e Fick, 1997
ANN7	PI 413024	<i>H. annuus</i> silvestre	Jan e Gulya, 1988
ANN8	PI 413043	<i>H. annuus</i> silvestre	Jan e Gulya, 1988
ANN9	PI 413158	<i>H. annuus</i> silvestre	Jan et al., 1994
ANN10	AN-67	<i>H. annuus</i> silvestre	Christov, 1992
ANN11	AN-58	<i>H. annuus</i> silvestre	Christov, 1992
ANN12	AN-2-91	<i>H. annuus</i> silvestre	Christov, 1992
ANN13	AN-2-92	<i>H. annuus</i> silvestre	Christov, 1992
ANT1	Fundulea 1	<i>H. annuus texanus</i>	Vranceanu et al., 1986
ANO1	Anomalus	<i>H. anomalus</i>	Serieys, 1994
ARG1	Argophyllus 1	<i>H. argophyllus</i>	Christov, 1990
ARG2	Argophyllus 2	<i>H. argophyllus</i>	Christov, 1990
ARG3	Argophyllus 3	<i>H. argophyllus</i>	Christov, 1990
BOL1	<i>H. bolanderi</i>	<i>H. bolanderi</i>	Serieys, 1984

Continua...

Código FAO	Nome comum	Espécie de origem	Referência
...Continuação Tabela 1			
DEB1	DV-10	<i>H. debilis</i>	Christov, 1992
EX1	Exilis	<i>H. exilis</i>	Serieys, 1984
EX12	EXI2	<i>H. exilis</i>	Serieys, 1984
GIG1	CMS 89(GIG1), CMG2	<i>H. giganteus</i>	Whelan, 1980
MAX1	CMS 89(MAX1), CMG3	<i>H. maximiliani</i>	Whelan, 1980
MAX2	-	<i>H. maximiliani</i>	Jan et al., 1994
MUT1	HEMUS	<i>H. annuus</i>	Christov, 1992
MUT2	PEREDOVICK	<i>H. annuus</i>	Christov, 1992
NEG1	Neglectus	<i>H. neglectus</i>	Serieys, 1994
NIC1	Canescens	<i>H. niveus canescens</i>	Serieys, 1991
PEF1	Fallax	<i>H. petiolaris fallax</i>	Serieys, 1984
PEP1	PET/PET	<i>H. petiolaris petiol.</i>	Serieys, 1994
PET1	Leclercq, CMS clássico	<i>H. petiolaris</i>	Leclercq, 1969
PET2	CMS 89(PET2), CMG1	<i>H. petiolaris</i>	Whelan, 1980; Miller & Wolf, 1991
PET3	Petiolaris BIS	<i>H. petiolaris</i>	Leclercq (1983) citado por Serieys (1996)
PET4	PET 34	<i>H. petiolaris</i>	Christov, 1992
PRH1	PHIR-27	<i>H. praecox</i>	Christov, 1992
PRP1	Praecox	<i>H. praecox praecox</i>	Serieys, 1994
PRR1	RUN-29	<i>H. praecox</i>	Christov, 1992
RIGx	RIG-RUSSIAN	<i>H. rigidus</i>	Jan et al., 1994
RIG1	Vulpe	<i>H. rigidus</i>	Vulpe (1972) citado por Serieys (1996)
RIG2	RIG-M-28	<i>H. rigidus</i>	Christov, 1992

fontes de CMS pode, também, ser útil para otimizar a utilização de recursos genéticos pela mudança do restaurador de linhagens endogâmicas. Assim, um genótipo restaurador de um citoplasma pode ser um mantenedor da macho-esterilidade de um outro citoplasma. Outra aplicação está ligada ao valor agrônomo de uma nova fonte, a qual pode oferecer ao melhorista um caminho para aumentar a performance do híbrido pela transferência do genótipo nuclear a um citoplasma mais adaptado. Finalmente, a disponibilidade de diferentes fontes de CMS constitui uma ferramenta para estudos genéticos e de biologia molecular com intuito de entender os mecanismos básicos dos CMS (Serieys, 1996).

Após a descoberta do citoplasma macho-estéril PET1, muitos geneticistas iniciaram estudos para encontrar fontes de restauração de fertilidade e genes restauradores efetivos (Tabela 2). A restauração da macho-fertilidade parece ser, geralmente, controlada por um único gene ou dois genes complementares e independentes. Para a maioria das fontes CMS descritas, os genes restauradores têm sido encontrados nos parentais silvestres doadores de CMS, dentro de progênies inter-específicas ou em linhagens endogâmicas cultivadas.

Kinman (1970) determinou que um único gene dominante,  $Rf_1$ , encontrado na linhagem T660006-2-1 de girassol, condicionou a restauração da macho-fertilidade associada ao citoplasma PET1. Enns et al. (1970), Vranceanu & Stoenescu (1971), Leclercq (1971) e Kinman (1970) detectaram, também, o controle da restauração da fertilidade por um único gene dominante. Contudo, outros estudos têm revelado a presença de dois a quatro genes controlando este caráter em PET1 (Tabela 1).

Kukosh (1984), citado por Anashchenko & Duka (1985), detectou um único gene dominante, o qual restaurou a macho-fertilidade associada ao citoplasma derivado de *H. annuus* ssp. *Lenticularis* ou CMS ANL1. O gene não foi efetivo em restaurar CMS PET1. Contudo, muitas linhagens mantenedoras do PET1 restauraram CMS ANL1. Posteriormente, Anashchenko & Duka (1985) verificaram a presença de dois ou três genes controlando, também, a restauração desse CMS.

As fontes CMG1, CMG2 e CMG3, obtidas por Whelan & Dedio (1980), são compostas de polinização aberta de substituições interespecíficas e parciais do núcleo do girassol cultivado (*H. annuus* L.) cv. 'Saturn' no citoplasma das espécies *H. petiolaris* Nutt., *H. giganteus* L., *H. maximilliani* Schrad., respectivamente. Essas fontes receberam da FAO a codificação PET2, GIG1 e MAX1 (Tabela 1). Wolf & Miller (1985) selecionaram plantas estéreis dessas fontes e realizaram retrocruzamentos (RC) para incorporar o genoma

**Tabela 2.** Citoplasma macho-estéril, fontes e controle genético da restauração de fertilidade em girassol (Serieys, 1996; Miller e Fick, 1997).

Citoplasma	Fontes de restauração	Controle genético da restauração	Referência
ANL1	-	Um gene dominante	Kukosh (1984), citado por Anashchenko & Duka (1985)
	<u>HA 89, HA 99, HA 291, RCMG3</u>	Dois genes dominantes e complementares	Anashchenko & Duka, 1985
	-	Três genes independentes e complementares	Anashchenko & Duka, 1985
ANL2	'Hopi', 'Outlook', 'Peredovik', P.I. 176574, 'Record', 'Seneca' e HA 89	Dois genes dominantes e complementares	Serieys, 1991
ANN1	HA 291*, PAH2*, HA 822*, Lyra	-	-
ANN2	P21, RMAX1, PI 413178, P5.231*	Um gene dominante + modificadores	Jan et al., 1994
ANN3	P21, RHA 280, RPET2, RHA 801, PI 413180	Dois genes dominantes e complementares + modificadores	Jan et al., 1994
ANN4	P21, RHA 280, PI 406647, <u>Rr-ANN4</u>	-	-
ANN7	P21, RHA280, PI 413024	-	-
ANN8	HA 89, RHA 266, RHA 274, RHA 294, PI 413043	-	-
ANN9	P21, PI 413058	-	-
ANN10	<u>RHA 274, R3880, NS26R, R147</u>	-	-
ANT1	Rf-ANT, RCMG2, Rf-t, Rf339	Pelo menos dois genes dominantes e complementares	Iuoras et al., 1992
ANO1	HAB, PAH3, RHA 265, PAH2	Um gene dominante	Serieys, 1994

Continua...

Citoplasma	Fontes de restauração	Controle genético da restauração	Referência
...	Continua:ao Tabela 2		
ARG1	<u>R147</u> , <u>R3840</u> , <u>RH 274</u> , <u>RHA 280</u> , <u>NS26R</u>	-	-
ARG2	85B3, D34, <u>R147</u> , <u>RHA 274</u> , <u>NS26R</u> ,	-	-
ARG3	<u>R147</u> , <u>R3840</u> , <u>NS26R</u>	-	-
BOL1	<u>HA 291</u> , <u>HA 89</u> , <u>RHA 266</u> , <u>RHA 279</u> , <u>RHA 801</u>	Dois genes dominantes e independentes explicam muita segregação	Seriesys, 1991
EX11	<u>HA 89</u> , <u>LA</u> , <u>RHA 276</u> , <u>RHA 298</u> , <u>RHA 299</u>	Dois genes dominantes e complementares	Seriesys, 1994
EX12	<u>RHA 274</u> , <u>RHA 801</u> , <u>PAH3</u> , <u>PW1</u>	-	-
GIG1	RGIG1	Um gene dominante	Kural & Miller, 1992
MAX1	<u>RMAX1</u> , <u>RPET1</u> , <u>RGI1</u> , <u>RHA 274</u>	Dois genes dominantes, complementares e independentes	Kural & Miller, 1992
MAX2	<u>RHA 274</u>	Um gene dominante	Kural & Miller, 1992
NEG1	Hopi Dye, Seneca, <u>RHA 294</u> , <u>RHA 266</u>	-	-
NEG1	<u>WG</u> , <u>FJ</u> , <u>HAB</u> , <u>RHA 265</u> , <u>RHA 266</u> , <u>RHA 274</u> , <u>NEG1</u>	Um gene dominante	Seriesys, 1994
NIC1	<u>RHA 265</u> , <u>RHA 274</u> , <u>CAC</u> , <u>D34</u>	-	-
PEF1	<u>CP3.1</u> , <u>LA</u> , <u>PAH3</u> , <u>RHA 298</u>	Dois genes dominantes, complementares e independentes	Seriesys, 1991
PEP1	<u>CP3.1</u> , <u>LA</u> , <u>PAH2</u> , <u>PAH3</u>	Dois genes dominantes, complementares e independentes	Seriesys, 1994
PET1	Várias	Um gene dominante (Rf1) Um gene dominante	Kinman, 1970 Enns et al., 1970

Continua...

Citoplasma	Fontes de restauração	Controle genético da restauração	Referência
...	Continua:ao Tabela 2		
		Um gene dominante (Rf <sub>2</sub> )	Vranceanu & Stoenescu, 1971
		Um gene dominante (Msc 1)	Leclercq, 1971
		Um gene dominante (Rf <sub>2</sub> )	Kinman, 1970
		Dois genes complementares (Rf <sub>1</sub> , Rf <sub>2</sub> )	Fick & Zimmer (1974) citado por Miller & Fick (1997)
		Quatro genes	Dominguez-Gimenez & Fick (1975) citado por Miller & Fick (1997)
		Dois genes dominantes e complementares	Vranceanu & Stoenescu, 1971
		Três genes dominantes e complementares	Vranceanu & Stoenescu, 1971
		Dois genes	Vranceanu & Stoenescu, 1971
		Um gene dominante	Artemenko (1987) citado por Miller & Fick (1997)
		Um gene dominante	Anashchenko & Duka, 1985
		Dois genes complementares	Anashchenko & Duka, 1985
		Dois genes dominantes	Kural & Miller, 1992
		Um gene dominante	Seriesys, 1994
		Dois genes dominantes e complementares	Jan et al., 1994
		Dois genes complementares	Jan et al., 1994
PET2	RPET 2, RGIG1		
PRP1	PAH3, <u>RHA 278</u> , <u>RHA274</u>		
RIGx	Luch, RPET2		
RIG1	Luch, RPET2		

de HA 89 no citoplasma de cada germoplasma CMG para produzir linhagens CMS RC<sub>3</sub>. As linhagens RC<sub>3</sub>, CMS CMG1/HA 89, CMS CMG2/HA 89, CMS CMG3/HA 89, são referidas como CMS CMG1, CMS CMG2 e CMS CMG3, respectivamente. Ao estudar o modelo de restauração da fertilidade dessas fontes e da CMS HA 89, os autores verificaram que diferentes ações gênicas estavam envolvidas. A fertilidade de CMS HA 89 foi restaurada por RHA 274 e RCMG1. CMS CMG1 foi restaurada por RCMG1 e RCMG2. A fonte CMS CMG2 foi restaurada por somente RCMG2 e CMS CMG3, por todos os restauradores.

Miller & Wolf (1991) obtiveram linhagens RC<sub>8</sub> das fontes CMG1, CMG2 e CMG3 com HA 89, as quais foram denominadas de CMS HA 89 (PET2), CMS HA 89 (GIG1) e CMS HA 89 (MAX1). Foram obtidos, também, os restauradores RPET2, RGIG1 e RMAX1, a partir das linhagens RCMG1, RCMG2 e RCMG3, respectivamente. As três linhagens RC<sub>8</sub> foram cruzadas com seus respectivos restauradores para estudar a herança da restauração (Kural & Miller, 1992). Os autores indicaram que dois genes dominantes em RPET2, um gene dominante em RGIG1 e dois genes independentes, complementares e dominantes em RMAX1 são necessários para restaurar a macho-fertilidade nos citoplasmas CMS PET2, CMS GIG1 e CMS MAX1, respectivamente. Estes autores verificaram, também, que estas três fontes de restauradores carregam um gene dominante que restaura a macho-fertilidade do citoplasma do CMS HA 89 (citoplasma PET1), mas não foi detectado se este gene é o Rf<sub>1</sub>. Além disso, Kural & Miller (1992) observaram que o RHA 274 (gene restaurador Rf<sub>1</sub>) não foi efetivo para restaurar a macho-fertilidade nos citoplasmas PET2 e GIG1, mas foi efetivo em MAX1. Esses resultados estão de acordo com Wolf & Miller (1985) que notificaram que apenas a fertilidade de CMS CMG-3 tinha sido restaurada por RHA 274. Uma vez que o gene Rf<sub>1</sub> presente em RHA 274 é tão efetivo quanto os dois genes presentes em RMAX1 para restaurar a macho-fertilidade do citoplasma MAX1, linhagens possuindo o gene Rf<sub>1</sub> podem ser utilizadas, em adição à RMAX1, para produzir sementes híbridas com CMS MAX1.

Quando Heiser (1982) encontrou uma planta macho-estéril em uma população de girassol silvestre (*H. annuus* var. *lenticularis* Ckl.), em casa de vegetação, ele fez cruzamentos dessa planta, como fêmea, com cultivares de girassol. A primeira geração de híbridos com a cultivar 'Commander' deu algumas plantas estéreis, e após retrocruzamentos com essa cultivar, a maioria das plantas mostrou macho-esterilidade. A restauração da produção de pólen foi obtida em cruzamentos de plantas macho-estéreis com HA 89, mantenedora do citoplasma macho-estéril de Leclercq. Cruzamen-

tos com RHA 265, restauradora da macho-esterilidade de Leclercq, deram, em sua grande maioria, linhagens macho-estéreis. O RHA 266 serviu, também, como mantenedora dessas linhagens identificadas como Indiana 1. Na FAO, seu código é ANL2. Genes para restauração do pólen são encontrados em 'Hopi', 'Outlook', 'Peredovik', P.I. 176574, 'Record', 'Seneca' e HA 89.

Em Bangalore, na Índia, foi verificada a instabilidade de Indiana 1 quando crescida sob diferentes condições ambientais (Virupaksharappa et al., 1992). Essa instabilidade foi observada, também, com CMG2 e CMG3. Contudo, no caso do CMS Indiana 1, o número de plantas férteis foi reduzindo após cada retrocruzamento com seu mantenedor. A estabilidade de fontes de macho-esterilidade citoplasmática tem sido estimada através da expressão fenotípica da restauração da macho-fertilidade, em diferentes localizações e anos. Essa variabilidade torna difícil a comparação global entre fontes de CMS. Apesar disso, tem sido encontradas muitas fontes de restauradores de fertilidade estáveis e são descritas em sobrescrito na Tabela 2.

O CMS Fundulea 1, codificado na FAO como ANT1, tem sido detectado em híbridos *H. annuus* ssp *texanus* x girassol (Vranceanu et al., 1986). O modelo genético estabelecido por Iuoras et al. (1989), citado por (Iuoras, 1992), para a restauração de fertilidade do pólen no caso do CMS ANT1, teve como base um único gene dominante. Este restaurador foi chamado de Rf-ANT. Contudo, em estudos adicionais, foi verificada a presença de, pelo menos, dois genes complementares dominantes nesta restauração (Iuoras, 1992).

Jan et al. (1994) indicou que as restaurações em CMS ANN2 e CMS ANN3 são controladas, respectivamente, por um gene dominante e dois genes dominantes complementares. A variação na estabilidade do pólen, em alguns cruzamentos, sugere a presença de genes modificadores. Estudos foram, também, realizados na genética de genes restauradores em fontes de CMS RIGx e CMS RIG1. Os dados suportam a hipótese de dois genes complementares envolvidos nas restaurações dessas fontes de CMS. Dois genes complementares foram, também, observados controlando as restaurações de PEF1 e BOL1 (Serieys, 1991).

As genéticas das restaurações das fontes CMS NEG1, ANO1, PRP1, Ex11 e PEP1 foram analisadas em Montpellier (Serieys, 1996). O estudo da segregação  $F_2$  indicou que as restaurações dos três primeiros CMS foram governadas por um único gene e que dois genes dominantes e complementares foram envolvidos nas fontes EX11 e PEP1.

Ensaaios com híbridos aloplasmáticos e isogênicos têm mostrado efeitos citoplasmáticos positivos e negativos para muitos dos caracteres agrônômicos avaliados. Serieys (1992) comparou o citoplasma macho-estéril clássico (PET1) com dez outros citoplasmas de girassol (PEF1, ANN1, ANN2, ANN3, ANN4, PET2, GIG1, EXI1, NEG1 e ANL2). Os caracteres altura da planta, data para o florescimento, rendimento de grãos e teor de óleo foram avaliados em ensaios de campo. Houve efeitos citoplasmáticos para os quatro caracteres. Os citoplasmas PEF1, ANN2, PET2, GIG1 e ANL2 induziram florescimento mais tardio, enquanto que as fontes PEF1, ANN1, ANN2, PET2 e ANL2 produziram plantas mais altas. A fonte EXI1 atua positivamente no teor de óleo (+4%), enquanto que PEF1 e ANN2 reduziram significativamente o rendimento de grãos. Segundo o autor, a tendência de gerar mais caracteres negativos que positivos pode estar relacionada à origem das linhagens parentais, melhoradas (para valor 'per se' e capacidade de combinação) no citoplasma PET1. Assim, linhagens desenvolvidas com citoplasmas PET1 têm sido beneficiadas pelo longo trabalho de melhoramento, gerando uma interação ótima entre os genótipos nucleares e o citoplasma *H. petiolaris* de Leclercq. Serieys (1992) sugere que com a introdução dessas fontes de CMS nos programas de melhoramento, parece ser possível isolar interações núcleo-citoplasmática com melhor valor agrônômico.

Petrov (1992) avaliou o efeito de várias fontes de citoplasma macho-estéril na qualidade do girassol e verificou que o citoplasma PET-2 não tem efeito depressivo em caracteres biológicos e econômicos e pode, assim, ser usado para a produção de híbridos de girassol. Esse resultado é discordante com o obtido por Serieys (1992). Petrov (1992) observou, também, que o citoplasma ANN1 afetou altura de planta e rendimento de grãos e o citoplasma ANT1 afetou altura de planta e diâmetro de capítulo. O uso desses citoplasmas na produção de híbridos deve ser utilizado dentro de certos limites. Por outro lado, Serieys (1996) verificou que os citoplasmas ANN1, BOL1 e ANL1 aumentaram rendimento de grãos. CMS BOL1 aumentou, também, conteúdo de óleo.

## **Resistência a herbicidas**

As plantas daninhas competindo com a cultura do girassol podem provocar perdas entre 20 a 75% do rendimento de aquênios (Chubb & Friesen, 1985). Em estudos de cadastramento fitossociológico de plantas daninhas

na cultura do girassol, realizados em estados dos Cerrados brasileiros, Brighenti et al. (2003) verificaram que das dez espécies com maior índice de importância relativa, sete foram dicotiledôneas, destacando-se *Ageratum conyzoides*, *Chamaesyce hirta*, *Bidens* sp. e *Euphorbia heterophylla*. Apesar dos danos provocados pelas plantas daninhas, apenas dois herbicidas apresentam registro para a cultura no Brasil, o trifluralin e o alachlor (MAPA, 2005). Como esses herbicidas possuem alguma eficácia sobre um número reduzido de plantas daninhas dicotiledôneas, o controle dessas espécies é um dos principais problemas no sistema brasileiro de produção do girassol (Adegas, 2005). Mesmo em outros países, existem poucos herbicidas disponíveis para o controle de plantas daninhas de folha larga em girassol.

Em 1998, no entanto, foram descobertos biótipos de girassol resistentes aos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintetase (ALS) (Al-Khatib et al., 1998), em uma população do girassol silvestre (*H. annuus* L. silvestre) em campos de soja, no Estado de Kansas, tratados com imazethapyr durante sete anos consecutivos. A enzima ALS, também conhecida como acetohidróxiácido sintase (AHAS), cataliza a primeira etapa da biosíntese dos aminoácidos de cadeia ramificada, valina, leucina e isoleucina (Shaner et al., 1984). Os herbicidas inibidores de ALS, incluindo as imidazolinonas e as sulfoniluréias, são muito eficientes no controle das principais plantas daninhas dicotiledôneas, sendo largamente utilizados para esse fim em outras culturas, como soja e milho (Adegas, 2005).

Espécies resistentes aos herbicidas inibidores de ALS apresentam mutação de ponto em genes que codificam essa enzima, reduzindo a sua sensibilidade aos herbicidas (Jander et al., 2003). Portanto, não são transgênicos. Contudo, dependendo do aminoácido que sofreu mutação e a sua posição na enzima, bem como ao número de cópias de gene do biótipo mutante, pode haver resposta diferencial do biótipo a diferentes herbicidas inibidores (Vidal, 1997; Al-Khatib et al., 1999).

Após a sua descoberta em plantas de girassol silvestre, a resistência a imidazolinonas foi transferida com sucesso para uma linhagem endogâmica de girassol cultivado, HA 425. Bruniard & Miller (2001) estudaram a herança de resistência ao herbicida imazamox em HA 425, com base nas taxas de segregação de plantas em  $F_2$  (3:9:4 resistente:intermediário:suscetível) e populações 'testcross' (1:1:1:1 intermediário mais (I+):intermediário menos (I-):suscetível mais (S+):suscetível menos (S-)) (Tabelas 3 e 4). Eles observaram que essa resistência foi controlada por dois fatores, um gene principal apresen-

**Tabela 3.** Genótipo, fenótipo e taxa fenotípica para herança de resistência ao herbicida imazamox em girassol, explicada por um modelo de um gene com dominância parcial (Imr1) e um segundo gene modificador (Imr2) em populações F<sub>2</sub>.

Genótipo (taxa)	Fenótipo	Taxa fenotípica
Imr1, Imr1, Imr2, Imr2 (1)	Resistente	3
Imr1, Imr1, Imr2, imr2 (2)	Resistente	
Imr1, imr1, Imr2, Imr2 (2)	Intermediário	9
Imr1, imr1, Imr2, imr2 (4)	Intermediário	
Imr1, Imr1, imr2, imr2 (1)	Intermediário	
Imr1, imr1, imr2, imr2 (2)	Intermediário	
imr1, imr1, Imr2, Imr2 (1)	Suscetível	4
imr1, imr1, Imr2, imr2 (2)	Suscetível	
imr1, imr1, imr2, imr2 (1)	Suscetível	

**Tabela 4.** Genótipo, fenótipo e taxa fenotípica para herança de resistência ao herbicida imazamox em girassol, explicada por um modelo de um gene com dominância parcial (Imr1) e um segundo gene modificador (Imr2) em populações 'testcross'.

Genótipo (taxa)	Fenótipo (subclasses)	Taxa fenotípica
Imr1, imr1, Imr2, imr2 (1)	Intermediário (+)	1
Imr1, imr1, imr2, imr2 (1)	Intermediário (-)	1
imr1, imr1, Imr2, imr2 (1)	Suscetível (+)	1
imr1, imr1, imr2, imr2 (1)	Suscetível (-)	1

tando dominância incompleta (Imr1) e um segundo gene (Imr2) com um efeito modificador quando o gene principal está presente. A Resistência no girassol pode somente ser obtida com a homozigose (Imr1, Imr1, Imr2, Imr2) dos dois genes em uma linhagem endogâmica ou em um híbrido. Híbridos completamente resistentes requerem que os dois parentais tenham fatores de resistência. Resultados similares foram obtidos por Adegas (2005) cruzando três linhagens americanas resistentes às imidazolinonas, IMI R Early (multicapitulada de ciclo precoce), IMI R Late (multi-capitulada de ciclo semi-precoce) e IMI B (unicapitulada), com duas linhagens da Embrapa Soja, o HA 30379NW22 e o RHA 89V2396/5321.

## Resistência a doenças

### Alternaria

A mancha de *Alternaria* (*Alternaria* spp.) é uma doença muito importante no Brasil, especialmente na região sul do país. O controle químico não é recomendado devido à dificuldade em obter cobertura foliar completa por aplicação foliar de fungicidas e de entrada de maquinários. Assim, o controle da doença através de resistência é altamente desejável, devido a aspectos econômicos. Contudo, a base genética de cultivares é estreita e genes de resistência são escassos (Oliveira et al., 2004). Resistência à mancha de *Alternaria* tem sido encontrada em algumas espécies de *Helianthus*, como *H. hirsutus*, *H. pauciflorus* (= *H. rigidus*), *H. tuberosus*, *H. simulans*, *H. mollis*, *H. maximiliani*, *H. divaricatus*, *H. occidentalis* (dipóide), *H. decapetelus*, *H. resinusus* (Morris et al., 1983; Ravikumar et al., 1995; Prabakaran & Sujatha, 2000). O uso dessas espécies como fonte de resistência requer hibridação com *H. Annuus*. Isto é difícil devido a essas espécies serem, geralmente, tetraplóides ou hexaplóides, enquanto que o girassol cultivado é diplóide. (Seiler & Rieseberg, 1997).

Prabakaran & Sujatha (2000) realizaram cruzamentos entre girassol e espécies silvestres na tentativa de obter genótipos resistentes de girassol à mancha de *Alternaria*. As espécies diplóides *H. mollis* e *H. divaricatus* foram compatíveis com o girassol. Investigações citológicas em híbridos obtidos do cruzamento entre o girassol e *H. simulans* revelaram anormalidades meióticas, resultando em alta esterilidade do pólen. Híbridos interespecíficos entre tetraplóides e diplóides foram triplóides, mostrando completa esterilidade. Os hexaplóides foram altamente compatíveis com o girassol, mas os híbridos tetraplóides resultantes foram fracamente férteis. Cultura de antera tem sido utilizada para reduzir o nível de ploidia. Os diplóides obtidos têm sido utilizados em retrocruzamentos para desenvolver linhagens endogâmicas em programas de melhoramento na Índia.

### Podridão branca

A podridão branca (*Sclerotinia sclerotiorum*) é uma das doenças mais difíceis de ser combatida, pois o controle químico é difícil, não econômico e muito danoso ao ambiente. A resistência a *Sclerotinia* é poligênica, com predomínio de efeito gênico aditivo (Castano et al, 1993). O patógeno pode atacar todas as partes da planta (podridão basal, na porção mediana da

haste e no capítulo) e um genótipo que é resistente a uma forma de ataque é, geralmente, suscetível à outra forma. Estudos indicam que há pouca relação entre o controle genético da resistência à infecção do micélio da raiz e o controle genético da infecção do ascósporo do capítulo (Tourvieille & Vear, 1990).

Embora haja muitos métodos fáceis e rápidos de se avaliar a resistência a essa doença, nenhuma linhagem resistente tem sido encontrada. Contudo, assim como para mancha de *Alternaria*, espécies silvestres são fontes promissoras de genes para resistência a *Sclerotinia*. Degener et al. (1999) avaliaram 41 linhagens derivadas de cruzamentos interespecíficos com HA 89. Linhagens derivadas de *H. argophyllus* e *H. tuberosus* tiveram menores lesões na haste e podem ser recomendadas para uso em programas de melhoramento genético.

A patogenicidade da *Sclerotinia* é complexa. É conhecido que enzimas que degradam componentes da parede celular e a produção de ácido oxálico estão associados ao desenvolvimento da doença (Jurgens et al., 1994). Uma linhagem vinda da espécie silvestre *H. argophyllus*, 28R, parece conter não somente alguns fatores de resistência contra a infecção basal e a do capítulo, mas também, uma resistência específica ao ácido oxálico (Baldini et al., 2000). Recentemente, o gene oxalato oxidase (OxOx) tem sido usado para aumentar o nível de resistência no girassol cultivado nos Estados Unidos, onde a forma transgênica dessa planta parece aumentar significativamente a resistência a essa doença pela degradação do ácido oxálico (Burke & Rieseberg, 2003).

O girassol produz compostos fenóis solúveis quando a base da haste, haste, folhas, pecíolos ou hipocótilos são infectados por *S. sclerotiorum*. Tem sido sugerido que compostos fenólicos estão envolvidos na resistência a *Sclerotinia*. Bazzalo et al. (1985) mostraram que o ácido isoclorogênico é particularmente ativo em limitar a extensão do fungo. O acúmulo de polímeros fenólicos tais como melanina ou lignina reforça a parede celular da planta, podendo limitar a penetração do fungo (Bazzalo et al., 1987). Além disso, a impregnação da parede celular por compostos fenólicos esterificados aumenta a resistência pela modificação das propriedades da parede celular, a qual não é reconhecida pelas enzimas despolimerizantes produzidas pelo fungo (Bazzalo et al., 1985).

Hemery-Tardin et al. (1998) sugerem que os compostos fenólicos em plantas de girassol sadias podem ser usados como marcadores de resistência a *Sclerotinia* em folhas e capítulos, em programas de melhoramento genético. Seu envolvimento no mecanismo de resistência parece estar relaciona-

do com a parte da planta infectada: o conteúdo total é maior em capítulos e o componente 9 (um ácido fenólico), em folhas. Tomando-se como hipótese que o componente 9 é um inibidor de crescimento de *Sclerotinia*, os autores sugerem que um nível baixo de resistência é devido a um nível baixo do componente 9, tanto em plantas infectadas quanto nas sadias. A resistência moderada resulta de uma alto conteúdo do componente 9, formado pós-infecção, e um nível alto de resistência pode ser explicada pelos altos níveis desse composto, pré e pós-infecção.

## Míldio

Atualmente, foram observados, pelo menos, 15 raças de míldio (*Plasmopara halstedii*) em girassol (Tourvieille de Labrouhe et al. (2003), citado por Vear et al., 2003). Essas raças têm sido controladas por genes maiores, denominados *Pl*. Muitos desses genes têm sido reunidos em agrupamentos. Os genes  $Pl_1$ ,  $Pl_2$ ,  $Pl_6$  e  $Pl_7$  foram reunidos em um mesmo grupo por (Roeckel-Drevet et al., 1996) e os genes  $Pl_5$  e  $Pl_8$ , por Radwan et al. (2002). Embora a resistência à raça específica seja altamente efetiva é muito difícil prover controle satisfatório quando o aumento do número de raças é levado em consideração. A procura de novas fontes ou resistência, particularmente aquelas com base em reações raça-não-específica, pode ajudar a vencer o ataque de *Plasmopara halstedii* em girassol (Virány, 1996).

## Referências

- ADEGAS, F.S. **Girassol (*Helianthus annuus* L.) resistente às imidazolinonas:** obtenção de genótipo e manejo de plantas daninhas. 2005. 98f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- ALBA, E.; BENVENUTI, A.; TUBEROSA, R.; VANNOZZI, G.P. A path coefficient analysis of some yield components in sunflower. **Helia**, Novi Sad, v.2, p.25-29, 1979.
- AL-KHATIB, K.; BAUMGARTNER, J.R.; PETERSON, D.E.; CURRIE, R.S. Imazethapyr resistance in common sunflower (*Helianthus annuus*). **Weed Science**, Lawrence, v.46, n.4, p.403-407, 1998.
- AL-KHATIB, K.; BAUMGARTNER, J.R.; CURRIE, R.S. Survey of common sunflower resistance to ALS-inhibiting herbicides in northeast Kansas. In: SUNFLOWER RESEARCH WORKSHOP, 21., 1999, Bismark. **Proceedings...** Bismark: National Sunflower Association, 1999. p.210-215.

ALVAREZ, D.; LUDUENA, P.; FRUTOS E. Correlation and causation among sunflower traits. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 13., 1992, Pisa. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1992. p.957-962.

ANASHCHENKO, A.V. The initial material for sunflower heterosis breeding. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 6., 1974, Romania. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1985. p.391-393.

ANASHCHENKO, A.V.; DUKA, M.V. Study of the genetic system of CMS-Rf in sunflower (*Helianthus annuus* L.) III. Restoration of male fertility in the CMS<sub>1</sub>-based hybrids. **Genetika**, Moscow, v.21, p.2005-2010. 1985.

BALDINI, M.; TURI, M.; VISCHI, M.; VANNOZZI, G.P.; OLIVIERI, A.M. Evaluation of genetic variability for *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de bary resistance in sunflower and utilization of associated molecular markers. **Helia**, Novi Sad, v.25, n.36, p.177-190, 2000.

BAZZALO, M.E.; HEBER, E.M.; DELPERO MARTINEZ, M.A.; CASO, O.H. Phenolic compounds in stems of sunflower plants inoculated with *Sclerotinia sclerotiorum* and their inhibitory effects on this fungus. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v.122, p.322-332, 1985.

BAZZALO, M.E.; HEBER, E.M.; CASO, O.H. Factores físicos y localización anatómica de compuestos fenólicos em relação com a tolerância Del tallo Del girasol (*Helianthus annuus*) frente a *Sclerotinia sclerotiorum*, causal de la podredumbre basal. **Boletín Sociedad Argentina Botánica**, Buenos Aires, v. 25, p.197-212, 1987.

BEDOV, S. A study of combining ability for oil and protein contents in seed of different sunflower inbreds. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 11., 1985, Mar del Plata. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1985. p.675-682.

BERRETTA DE BERGER, M.; MILLER, J.F. Estudio genético de seis fuentes de estatura reducida de planta en girassol. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 11., 1985, Mar del Plata. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1985. p.651-657.

BRIGHAM, R.D.; YOUNG, J.K. Genetic potencial of dwarf sunflower hybrids in Texas. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 11., 1985, Mar del Plata. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1985. p.787-788.

BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C.; GAZZIERO, D.L.P.; ADEGAS, F.S.; VOLL, E. Cadastramento fitossociológico de plantas daninhas na cultura do girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v.38, n.5, p.651-657, 2003.

BRUNIARD, J.M.; MILLER, J.F. Inheritance of imidazolinone-herbicide resistance in sunflower. **Helia**, Novi Sad, v.24, n.35, p.11-16, 2001.

BURKE, J.M.; RIESEBERG, L.H. Fitness effects of transgenic disease resistance in sunflower. **Science**, Washington, v.300, p.1250, 2003.

BURLOV, V.V. Utilization of male sterility in sunflower breeding for heterosis. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 6., 1974, Bucharest. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1974. p.353-360.

CASTANO, F.; HEMERY-TARDIN, D.; TOURVIELLE, D.; VEAR, F. The inheritance and biochemistry of resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* leaf infections in sunflower (*Helianthus annuus* L.) **Euphytica**, Dordrecht, v. 58, p.209-219, 1993.

CECCONI, F.; PUGLIESI, S.; BARONCELLI, S.; ROCCA, M. Genetic analysis for some agronomical characters of a sunflower (*Helianthus annuus* L.) diallel cross. **Helia**, Novi Sad, v.10, n.21, p.21-27, 1987.

CECCONI, F.; GAETANI, M.; LENZI, C.; DURANTE, M. The sunflower dwarf mutant dw1: effects of gibberelic acid treatment. **Helia**, Novi Sad, v.25, n.36, p.161-166, 2002.

CHERVET, B.; VEAR, F. Etude des relations entre la precocite du tournesol et son rendement, as teneur en huile, son developpement et as morphologie. **Agronomie**, Paris, v.10, p.51-56, 1990.

CHRISTOV., M. A new source of cytoplasmic male sterility in sunflower originating from *Helianthus argophyllus*. **Helia**, Novi Sad, v.13, p.55-61, 1990.

CHRISTOV., M. New sources of male sterility and opportunities for their utilization in sunflower hybrid breeding. **Helia**, Novi Sad, v.15, n.16, p.41-48, p.1992.

CHUBB, W.O.; FRIESEN, G.H. Wild oat interference in sunflower. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.65, n.1, p.219-222, 1985.

DEGENER, J.; MELCHINGER, A.E.; HAHN, V. Interspecific hybrids as source of resistance to *Sclerotinia* and *Phomopsis* in sunflower breeding. **Helia**, Novi Sad, v.22, n.30, p.49-60, 1999.

DEWEY, D.R.; LU, K.H. A correlation and path coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed production. **Agronomy Journal**, Madison, v.51, n.9, p.515-518, 1959.

DOMINGUEZ, J.; MILLER, J.F. Evaluation and genetic studies of F<sub>1</sub> sunflower hybrids between sets of lines selected in USA and Spain. In: INTERNATIONAL

SUNFLOWER CONFERENCE, 12., 1988, Novi Sad. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1988. p.424-428.

DUA, R.P.; YADAVA, T.P. Genetics of seed yield and its components in sunflower (*Helianthus annuus* L.). In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 11., 1985, Mar del Plata. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1985. p.627-632.

EL-HITY, M.A. Some aspects of the inheritance of seed oil content in sunflower. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 12., 1988, Novi Sad. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1988. p.471.

EL-HITY, M.A. Genetical Analysis of some agronomic characters in sunflower (*Helianthus annuus* L.). In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 13., 1992, Pisa. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1992. p.1118-1128.

ENNS, H.; DORRELL, D.G.; HOES, J.A.; CHUBB, W.O. Sunflower research, a progress report. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 4., 1970, Memphis. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1970. p.162-167.

FERERES, E.; GIMENEZ, C.; FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, J. Genetic variability in sunflower cultivars under drought. I. Yield relationships. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v.37, p.573-582, 1986.

FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, J.; KNOWLES, P.F. Inheritance of self-incompatibility in wild sunflower. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 8., 1978, Minneapolis. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1978. p.484-489.

FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, J.; JIMENEZ, A.; DOMINGUEZ, J.; GARCIA, J.M.; GARCES, R.; MANCHA, M. Genetic analysis of the oleic acid content in cultivated sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Euphytica**, Dordrecht, v.41, n.1, p.39-51, 1989.

FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, J.; MUNÓZ-RUZ, J.; GOMEZ-ARNAU, J. Influence of genes for high oleic acid on agronomic characters of sunflower. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 13., 1992, Pisa. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1992. p.1037-1042.

FICK, G.N. Sunflower breeding and genetics. In: Carter, J.F. **Sunflower Science and Technology**. Madison: ASA, CSSA, and SSSA, 1978. p.279-337.

FICK, G.N. Inheritance of high oleic in the seed oil of sunflower. In: SUNFLOWER RESEARCH WORKSHOP, 6., 1984, Bismarck. **Proceedings...** Bismarck: National Sunflower Association, 1984. p.9.

FICK, G.N.; CAROLINE, J.J.; AUWARTER G.E.; DUHIGG, P.M. Agronomic

characteristics and field performance of dwarf sunflower hybrids. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 11., 1985, Mar del Plata. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1985. p.739-742.

FOLEY, B.J.; HANZEL, J.J. Inheritance of morphological traits conferring bird resistance/tolerance to sunflower. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 9., 1986, Torremolinos. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1986. p.2.

FULLER, M.; DIAMOND, J.; APPLEWHITE, T. High oleic safflower oil. Stability and chemical modification. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v.44, p.264-267, 1967.

FURGALA, B.; MUSSEN, E.C.; NOETZEL, D.M.; ROBINSON, R.G. Observations on nectar secretion in sunflower. In: SUNFLOWER RESEARCH WORKSHOP, 1., 1976, Fargo. **Proceedings...** Bismark: National Sunflower Association, 1976. p.11-12.

GEORGE, D.L.; SHEIN, S.E.; KNOWLES, P.F. Compatibility, autogamy and environmental effects on seedset in selected sunflower hybrids and their inbred parents. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 9., 1980, Torremolinos. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1980. p.140-146.

GIRIRA, K.; VIRUPAKSHAPPA, K. Heterotic effect for seed yield and component characters in sunflower over seasons. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 13., 1992, Pisa. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1992. p.1043-1047.

HAGEN, M.M.; HANZEL, J.J. Inheritance of bird resistant traits in sunflower. In: SUNFLOWER RESEARCH WORKSHOP, 14., 1992, Fargo. **Proceedings...** Bismarck: National Sunflower Associations, 1992. p.4-5.

HEATON, T.C.; COLE, G.S.; MARTIN, B.A. A cytoplasmic determinant for low levels of saturated fatty acids in sunflowers oil. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 13., 1992, Pisa. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1992. p.1065-1071.

HEISER, C.B. Variation and subspeciation in the common sunflower (*Helianthus annuus*). **The American Midland Naturalist**, Indiana, v.51, p.287-305, 1954.

HEISER, C.B. Registration of Indiana-1 CMS sunflower germoplasm. **Crop Science**, Madison, v.22, p.1089, 1982.

HEMERY-TARDIN, M.C.; TOURVIELLE DE LABROUHE, D.; JAY, M.; LEDOIGT, G. Effect of infection by *Sclerotinia* spp. on the phenolic metabolism of sunflower capitula and leaves. **Helia**, Novi Sad, v.21, n.29, p.19-32, 1998.

HOCKETT, E.A.; KNOWLES, P.F. Inheritance of branching in sunflowers, *Helianthus annuus* L. **Crop Science**, Madison, v. 10, p. 432-436, 1970.

IUORAS, M.; VRANCEANU, A.C.; BERVILLE, A. Cytoplasm – Nucleus relationships in the CMS pollen fertility restoration in Fundulea 1 (ANT-1) CMS of sunflower. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 13., 1992, Pisa. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1992. p.1072-1077.

IVANOV, P.; STOYANOVA, Y. Results from sunflower breeding directed to obtaining gene materials of high protein content in the kernel. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 8., 1978, Minneapolis. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1978. p.441-448.

IVANOV, P.; PETAKOV, D.; NIKOLOVA, V.; PENTCHEV, E. Sunflower breeding for high palmitic acid content in the oil. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 12., 1988, Novi Sad. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1988. p.463-465.

JAN, C.C. The inheritance of early maturity and short-stature of a *H. annuus* line. In: SUNFLOWER RESEARCH WORKSHOP, 9., 1986, Bismark. **Proceedings...** Bismarck: National Sunflower Association, 1986. p.13.

JAN, C. C.; GULYA, T. J. Two new sources of cytoplasmic male-sterility from wild *H. annuus* L. In: SUNFLOWER RESEARCH WORKSHOP, 10., 1988, Bismark. **Proceedings...** Bismarck: National Sunflower Association, 1988. p.7.

JAN, C.C.; ZHANG, T.X.; MILLER, J.F.; FICK, G.N. Fertility restoration and utilization of a male-sterile *H. rigidus* cytoplasm. In: SUNFLOWER RESEARCH WORKSHOP, 16., 1994, Fargo. **Proceedings...** Bismarck: National Sunflower Association, 1994. p.70-71.

JANDER, G.; BAERSON, S.R.; HUDAK, J.A.; GONZALEZ, K.A.; GRUYS, K.J.; Last, R. Ethylmethanesulfonate saturation mutagenesis in *Arabidopsis* to determine frequency of herbicide resistance. **Plant Physiology**, Rockville, v.131, n.1, p.139-146, 2003.

JOCIC, S.; SKORIC, D. The components of genetic variability for bract length, width and number in sunflower (*Helianthus annuus* L.). In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 14., 1996, Beijing/Shenyang. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1996. p.168-173.

JURGENS, M.; HEPLER, L.H.; RIVERS, B.A.; HEPLER, P.K. BAPTA-calcium buffers modulate cell plate formation in stamen hairs of *Tradescantia*: evidence for calcium gradients. **Protoplasma**, Vienna, v.183, p.86-99, 1994.

KESTELOOT, J.A.; MARCELLÁN, O.N. Effects of mono and polycephaly in sunflower yield. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 13., 1992,

Pisa. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1992. p.1087-1092.

KESTELOOT, J.A.; HEURSEL, J.; PAUWELS, F.M. Estimation of the heritability and genetic variation in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Helia**, Novi Sad, v.8, p.17-20, 1985.

KINMAN, M.L. Breeding for lipid and amino acid composition in sunflower. **Journal of American Oil Chemists' Society**, Champaign, v.49, p.36-37, 1972.

KINMAN, M.L. New developments in the USDA and state experiment station sunflower breeding programs. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 4., 1970, Memphis. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1970. p.181-183.

KLOCZOWSKI, Z. Breeding of oil sunflower in Poland. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 5., 1972, Clermont-Ferrand. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1972. p.258-261.

KOVÁČIK, A.; SKALOUD, V. Contribution to defining the inheritance of earliness in sunflower and the method of its exploitation in breeding. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 8., 1978, Minneapolis. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1978. p.437-440.

KOVÁČIK, A.; SKALOUD, V. Results of inheritance evaluation of agronomically important traits in sunflower. **Helia**, Novi Sad, v.13, n.13, p.41-46, 1990.

KOVÁČIK, A.; SKALOUD, V.; VLCKOVA, V. Evaluation of relation between the yield of achenes and yield components in hybrid sunflower breeding. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 9., 1980, Torremolinos. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1980. p.362-368.

KURAL, A.; MILLER, J.F. The inheritance of male fertility restoration of the PET2, G1G1 e MAX1 sunflower cytoplasmic male sterility sources. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 13., 1992, Pisa. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1992. p.1107-1112.

LAKSHMANRAO, N.G.; SHAMBULINGAPPA, K.G.; KUSUMAKUMARI, P. Studies on path-coefficient analysis in sunflower. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 11., 1985, Mar del Plata. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1985. p.733-735.

LAY, C.L.; KHAN, S.F. Inheritance of plant height in six sunflower crosses. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 11., 1985, Mar del Plata. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1985. p.721-725.

LECLERCQ, P. Une stérilité cytoplasmique chez le tournesol. **Annales de L'amélioration des Plantes**, Paris, v.19, p.99-106. 1969.

LECLERCQ, P. La sterilité mâle cytoplasmique du tournesol. I. Premières études sur la restauration de la fertilité. **Annales de L'amélioration des Plantes**, Paris, v.21, p.45-54, 1971.

LOFGREN, J.R.; NELSON, L. Breeding for self-compatibility in sunflower. In: SUNFLOWER RESEARCH WORKSHOP, 2., 1977, Fargo. **Proceedings...** Bismarck: National Sunflower Association, 1977. p.2-4.

LOW, A. Maternal and paternal effects on the oil content of cypselas in  $F_1$  seed. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 10., 1982, Surfers Paradise. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1982. p.244-247.

MAPA. **Agrofit- consulta de produtos formulados**. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons](http://www.agricultura.gov.br/agrofit_cons)>. Acesso em: 15 julh. 2005.

MARINKOVIC, R. Inheritance of seed number per sunflower head in  $F_1$  generation and components of genetic variability. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 9., 1980, Torremolinos. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1980. p.347-355.

MERRIEN, A. Some aspects of sunflower crop physiology. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 13., 1992, Pisa. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1992. p.481-498.

MERRIEN, A.; BLANCHET, R.; GELFI, N.; RELIER, J.P.; ROLLIER, M. Pathways of yield elaboration in sunflower under various water stresses. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 10., 1982, Surfers Paradise. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1982. p.11-14.

MILLER, J.F.; FICK, G.N. The genetics of sunflower. In: SCHEITER, A.A. **Sunflower Technology and Production**. Wisconsin: ASA-CSSA-SSSA, 1997. p.441-495.

MILLER, J.F.; HAMMOND, J.J. Inheritance of reduced height in sunflower. **Euphytica**, Dordrecht, v.53, p.131-136, 1991.

MILLER, J.F.; WOLF, S.L. Registration of three cytoplasmic male-sterile and three restorer sunflower oil. **Crop Science**, Madison, v.31, p.500, 1991.

MILLER, J.F.; HAMMOND, J.J.; RAATH, W.W. Comparison of inbred vs. Single-cross testers and estimation of genetic effects in sunflower. **Crop Science**, Madison, v.20, p.703-706, 1980.

MILLER, J.F.; FICK, G.N.; ROATH, W.W. Relationships among traits of inbreds and hybrids of sunflower. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 10., 1982, Surfers Paradise. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1982. p.675-682.

MILLER, J.F.; ZIMMERMAN, D.C.; VICK, B.A. Genetic control of high oleic acid content in sunflower oil. **Crop Science**, Madison, v. 27, p.923-926, 1987.

MORRIS, J.B.; YANG, S.M.; WILSON, L. Reaction of *Helianthus* species to *Alternaria helianthi*. **Plant Disease**, Saint Paul, v.67, p.539-540, 1983.

MOUTOUS, J.E.; ROATH, W.W. Genetica de altura de planta en girasol (*Helianthus annuus* L.). In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 11., 1985, Mar del Plata. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1985. p. 633-638.

OLIVEIRA, M.F. DE; NETO, A.T.; LEITE, M.V.B.C.; CASTIGLIONI, V.B.R.; ARIAS, C.A.A. Mutation breeding in sunflower for resistance to *Alternaria* leaf spot. **Helia**, Novi Sad, v.27, n.41, p.41-50, 2004.

OMRAN, A.O.; ABDEL-ZAHAB, A.A.; HAIKAL, M.A.. Evalu of sunflower cultivars. Heritability and variability of metric traits. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 7., 1976, Krasnodar. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1976. p.361-375.

ORTEGON-MORALES, A.S.; ESCOBEDO-MENDOZA, A.; VILLARREAL, L.Q. Combining ability of sunflower (*Helianthus annuus* L.) lines and comparison among parent lines and hybrids. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 13., 1992, Pisa. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1992. p.1178-1193.

PATHAK, R.S. Yield components in sunflower. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 6., 1974, Bucharest. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1974. p.271-281.

PETAKOV, D. Application of Griffing's methods in determination of combining ability of sunflower self-pollinated lines. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 13., 1992, Pisa. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1992. p.1205-1210.

PETROV, P. Effect of various cytoplasmic male sterility sources (CMS) on some sunflower qualities. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 13., 1992, Pisa. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1992. p.1211-1215.

PIQUEMAL, G.; MOURET, J. Contribution a l'amélioration génétique de la frutification du Tournesol (*Helianthus annuus* L.). Variation du taux de frutification des fleurs selon leur emplacement et leur orientation. **Annales de L'amélioration des Plantes**, Paris, v.30, p.175-190, 1980.

POGGENPOEL, S.J. Studies of isogenic sunflower restorer lines and their hybrids. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 11., 1985, Mar

del Plata. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1985. p.573-576.

PRABAKARAN, A.J.; SUJATHA, M. Breeding for *Alternaria* resistance in sunflower: approaches for introgression from wild sunflowers. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 15., 2000, Toulouse. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 2000. p.O31-O36.

PUTT, E.D. Observations on morphological characters and flowering processes in the sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Scientific Agriculture**, Ottawa, v.21, p.167-179, 1940.

PUTT, E.D. Recessive branching in sunflower. **Crop Science**, Madison, v.4, p.444-445, 1964.

PUTT, E.D. Heterosis, combining ability, and predicted synthetics from a diallel cross in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.46, p.59-67, 1966.

PUTT, E.D.; HEISER, C.B. Jr. Male sterility and partial male sterility in sunflower. **Crop Science**, Madison, v.6, p.165-168, 1966.

PUTT, E.D.; CRAIG, B.M.; CARSON, R.B. Variation in composition of sunflower oil from composite samples and single seeds of varieties and inbred lines. **Journal of American Oil Chemists' Society**, Champaign, v.46, p.126-129, 1969.

RADWAN, O.; BOUZIDI, M-F.; VEAR, F.; PHILIPPON, J.; TOURVIELLE DE LABROUHE, D.; NICOLAS, P.; MOUZEYAR, S. Identification of non-TIR-NBS-LRR markers linked to the P15/P18 locus for resistance to downy mildew in sunflower. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.106, p.1438-1446, 2002.

RAVIKUMAR, R.L.; DODDAMANI, I.K.; KULKARNI, M.S. Reaction of selected gerplasm lines and *Helianthus tuberosus* derived introduction to *Alternaria helianthi*. **Helia**, Novi Sad, v.18, p.67-71, 1995.

ROATH, W.W.; HAMMOND, J.J.; MILLER, J.F. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 10., 1982, Surfers Paradise. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1982. p.247-249.

ROBERTSON, J.A.; MORRISON, W.H.; WILSON, R.L. Effects of planting location and temperatures on the oil content and fatty composition of sunflower seeds. **Agricultural Research**, Washington, v.3, p.1-9, 1979.

ROECKEL-DREVET, P.; GAGNE, G.; MOUZEYAR, S.; GENTZBITTEL, L.; PHILLIPON, J.; NICOLAS, P.; TOURVIELLE DE LABROUHE, D.; VEAR, F., 1996. Colocation of downy mildew (*Plasmopara halsteddi*) resistance genes in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Euphytica**, Dordrecht, v.91, p.225-228, 1996.

ROSS, A.M. Some morphological characters of *Helianthus annuus* L., and their relationship to the yield of seed and oil. **Scientific Agriculture**, Ottawa, v.19, p.372-379, 1939.

RUSSELL, W.A. A study of the inter-relationships of seed yield, oil content, and other agronomic characters with sunflower inbred lines and their top crosses. **Canadian Journal of Agricultural Science**, Ontario, v.33, p.291-314, 1953.

SAMMATARO, D.; FLOTTUM, P.K.; ERICKSON, E.H. Factors contributing to honeybee preferences in sunflower varieties. In: SUNFLOWER RESEARCH WORKSHOP, 6., 1984, Bismarck. **Proceedings...** Bismarck: National Sunflower Association, 1984. p.20-21.

SANDU, I.; VRANCEANU, V.; CRAICIU, D.; BALANA, I.; PACUREANU, M. Inheritance of branching types in sunflower. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 14., 1996, Beijing/Shenyang. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1996. p.140-144.

SARNO, R.; LETO, C.; CARRUBBA, A.; CIBELLA, R. Correlation between some yield factors in sunflower. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 13., 1992, Pisa. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1992. p.366-389.

SCHMIDT, L.; MARQUARD, R.; FRIEDT, W. Status and prospects of breeding high oleic acid sunflowers for central Europe. **Fat Science Technology**, Leinfelden, v.91, p.346-349, 1989.

SCHUSTER, W. **Inbreeding and heterosis in sunflower (*Helianthus annuus* L.)**. Giessen: Wilhelm Schmitz Verlag, 1964. p.135.

SEGALA, A.; SEGALA, M.; PIQUEMAL, G. Recherches en vue d'améliorer le degré d'autogamie des cultivars de tournesol. I. L'autocompatibilité pollinique. **Annales de L'amélioration des Plantes**, Paris, v.30, p.151-159, 1980.

SEILER, G.J. Interrelation of fatty acids in oil of wild annual sunflower (*Helianthus annuus* L.). In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 11., 1985, Mar del Plata. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1985. p.529-534.

SEILER, G.J.; RIESEBERG, L.H. Systematics, origin, and germplasm resources of the wild and domesticated sunflower. In: Schneiter, A.A. **Sunflower Technology and Production**. Madison: American Society of Agronomy, p.21-65. 1997.

SERIEYS, H. Wild *Helianthus* species, a potential source of androsterilities. In: EUCARPIA MEETING ON THE SUNFLOWER, 2., 1984, Leningrad. **Proceedings...** Wageningen: Agricultural Center, 1984. p.16-21.

SERIEYS, H. FAO Progress report of the working group "Identification, study and utilization in breeding programs of new CMS sources". In: Consultation of the European Cooperative Research Network on Sunflower, 7., 1991, Pisa. **Proceedings...** Pisa: FAO, 1991. p.11-13.

SERIEYS, H. Cytoplasmic effects on some agronomical characters in sunflower. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 13., 1992, Pisa. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1992. p.1245-1250.

SERIEYS, H. Report on the activities of the FAO working group: "Identification, study and utilization in breeding programs of new CMS sources". In: FAO Technical Meeting on Sunflower, 1., 1994, Montpellier. **Proceedings...** Montpellier: FAO, 1994, p.20-23.

SERIEYS, H. Identification, study and utilization in breeding programs of new CMS sources. **Helia**, Novi Sad, v.19, p.144-160, 1996.

SHABANA, R. Genetic variability of sunflower varieties and inbred lines. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 6., 1974, Bucharest. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1974. p.263-269.

SHANER, D.L.; ANDERSON, P.C.; STIDHAM, M.A. Imidazolinones, potent inhibitors of acetohydroxyacid synthase. **Plant Physiology**, Baltimore, v.75, n.3, p.545-546, 1984.

SIMPSON, B.W.; MCLEOD, C.M.; GEORGE, D.L. Selection for high linoleic acid content in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Victoria, v.29, p.233-239, 1989.

SINDAGI, S.S. Productivity of sunflower hybrids. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 7., 1976, Krasnodar. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1976. p.152-161.

SINDAGI, S.S.; RAO, A.P.K.; SEETHARAM, A. Analisis in sunflower (*H. annuus* L.). Components of Genetic Variation. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 9., 1980, Torremolinos. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1980. p.41-45.

SKALOUD, V.; KOVÁČIK, A. Findings on sunflower self-fertility in connection with line hybridization. **Helia**, Novi Sad, v.17, n.20, p.13-20. 1994.

SKALOUD, V.; KOVÁČIK, A. Contribution to the evaluation of self-fertile lines of sunflower-genetic interpretation. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 14., 1996, Beijing/Shenyang. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1996. p.31-37.

SKORIC, D. Correlation among the most important characters of sunflower in F1 generation. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 6., 1974,

Bucharest. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1974. p.283-289.

SKORIC, D. Mode of inheritance of oil content in sunflower seed of F<sub>1</sub> generation and components of genetic variability. p. 376-388. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 7., 1976, Krasnodar. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1976. p.376-388.

SKORIC, D. Mode of inheritance of LAI in F<sub>1</sub> generation of different sunflower inbreds. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 11., 1985, Mar del Plata. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1985. p.683-689.

SOARE, G.; VRÂNCEANU, A.V. Inheritance of self-fertility in sunflower. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 14., 1996, Beijing/Shenyang. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1996. p.134-139.

SOLDATOV, K.I. Chemical mutagenesis in sunflower breeding. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 7., 1976, Krasnodar. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1976. p.352-357.

SOLTANI, E.; ARSHI, Y. Correlation between oil content and 1000 kernel weight and their narrow sense heritability on sunflower variety (Zarja) in dry farming conditions. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 12., 1988, Novi Sad. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1988. p.497.

STANOJEVIC, D.; NEDELJKOVIĆ, S.; JOVANOVIĆ, D. Oil and protein concentration in seed of diverse high-protein inbred lines of sunflower. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 13., 1992, Pisa. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1992. p.1263-1268.

STOENESCU, F. Genetics. In Vranceanu, A.V. **Floarea-soarelui**. Bucuresti: Academiei Republicii Socialiste, 1974. p.92-125.

TATUM, L.A. The southern corn leaf blight epidemic. **Science**, Local, v.171, p.1113-1116, 1971.

TOLMACHOV, V.V. Sunflower plants with reduced height. In: Tikhonov, O., Bochkarev, N., Dyakov, A.B. **Sunflower biology, plant breeding and production technology**. Moscow: Agropromizdat, 1991. p.44-45.

TOURVIELLE, D.; VEAR, F. Heredity of resistance to Sclerotinia sclerotiorum in sunflower. III Study of reactions to artificial infection of roots and cotyledons. **Agronomie**, Paris, v.10, p.323-330, 1990.

TYAGI, A.P. Association and path analysis of yield components and oil percentage in sunflower (*Helianthus annuus* L.). In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 11., 1985, Mar del Plata. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1985. p.807-812.

VEAR, F.; PHAM-DELEGUE, M.; TOURVIEILLE DE LEBROUHE, D.; MARILLEAU, R.; LOUBLIER, Y.; METAYER, M. LE; DOUAULT, P.; PHILIPPON, J.P. Genetical studies of nectar and pollen production in sunflower. **Agronomie**, Paris, v.10, p.219-231, 1990.

VEAR, F.; TOURVIEILLE DE LABROUHE, D.; MILLER, J.F. Inheritance of the wide-range downy mildew resistance in the sunflower line RHA 419. **Helia**, Novi Sad, v.26, n.39, p.19-24, 2003.

VIDAL, R.A. **Herbicidas**: mecanismos de ação e resistência de plantas. Porto Alegre: R.A. Vidal, 1997. 165p.

VIRÁNY, F. Identification of new *Plasmopora halstedii* races and their impact on sunflower breeding and production. **Helia**, Novi Sad, v.19, p.37, 1996.

VIRUPAKSHAPPA, K.; RAVIKUMAR, R.L.; SEETHARAM, A.; GOWDA, J. Identification of maintainer and restorer for some new sources of cytoplasmic sterility. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 13., 1992, Pisa. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1992. p.1291-1300.

VRANCEANU, A.V. **Sunflower**. [S.l.]: Academy of România Socialist Republic, 1974. 332p.

VRANCEANU, A.V.; STOENESCU, F.M. Pollen fertility restore gene from cultivated sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Euphytica**, Dordrecht, v.20, p.536-541, 1971.

VRANCEANU, A.V.; STOENESCU, F.M.; SCARLAT, A. The influence of different genetic and environmental factors on pollen self-compatibility in sunflower. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 8., 1978, Minneapolis. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1978. p.453-465.

VRANCEANU, A.V.; STOENESCU, F.M.; IUORAS, M. A correlation between self-fertility and the melliferous index in sunflower. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 11., 1985, Mar del Plata. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1985. p. 697-702.

VRANCEANU, A.V.; IUORAS, F.M.; STOENESCU, F.M. A contribution to the diversification of the CMS sources in sunflower. **Helia**, Novi Sad, v.9, p.21-25. 1986.

WEISHENGA, D. Effect of the bracteal leaf on yield of grain in sunflower. **Helia**, Novi Sad, v.14, n.14, p.73-78, 1991.

WHELAN, E.D.P. A new source of cytoplasmic male sterility in sunflower. **Euphytica**, Dordrecht, v.29, p.33-46, 1980.

WHELAN, E.D.P.; DEDIO, W. Registration of sunflower germoplasm composite crosses CMG-1, CMG-2, and CMG-3. **Crop Science**, Madison, v.20, p.832, 1980.

WOLF, S.L.; MILLER, J.F. Fertility restoration response of various sunflower cytoplasm. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 11., 1985, Mar del Plata. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1985. p.549-552.

WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v.20, p.557-585, 1921.

ZHAO-CHENG, X.; DUO, L.; GUI-ZHI, W.; JIE, Q. Applied theory of relative heritability to calculate the heterosis of sunflower. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 12., 1988, Novi Sad. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1988. p.484-488.

ZIMMERMAN, D.C.; FICK, G.N. Fatty acid composition of sunflower (*Helianthus annuus* L.) oil as influenced by seed position. **Journal of American Oil Chemists' Society**, Champaign, v. 50, p.273-275, 1973.





# MELHORAMENTO DO GIRASSOL

Marcelo Fernandes de Oliveira  
Vania Beatriz Rodrigues Castiglioni  
Claudio Guilherme Portela de Carvalho

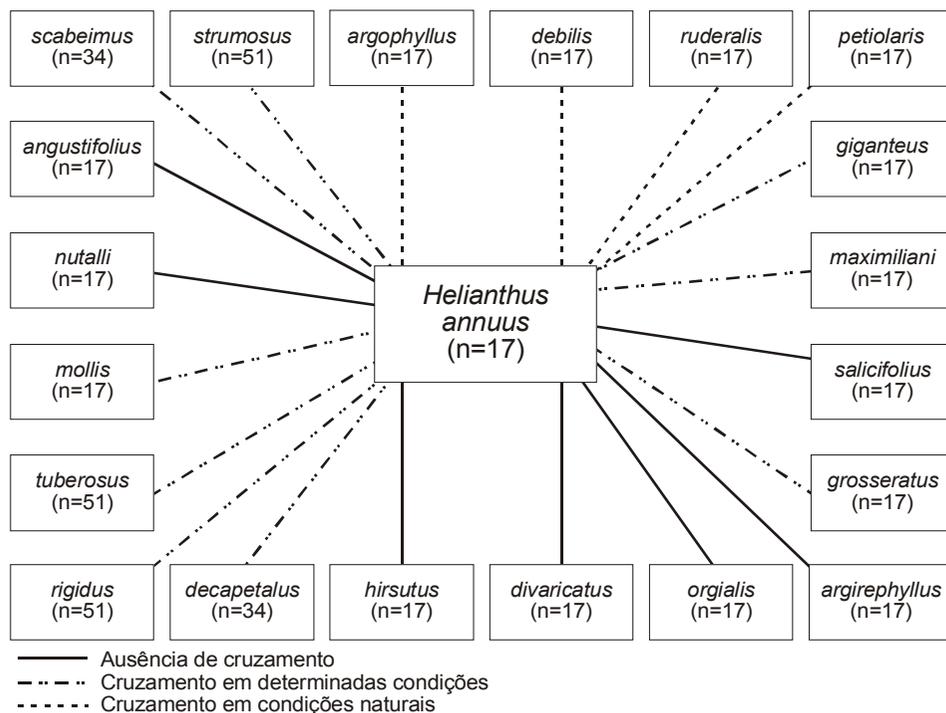
## O gênero *Helianthus*

O girassol cultivado, *Helianthus annuus* L., pertence à tribo *Heliantheae*, família *Asteraceae* e ordem *Asterales* e possui número cromossômico  $2n = 34$ . O nome do gênero do girassol deriva do grego “helios” que significa sol, e “anthos” que significa flor. O nome girassol faz referência à característica da planta de girar sua inflorescência, seguindo o movimento do sol, até o momento da antese, posicionando-se, a partir daí, na direção leste. Esse movimento é chamado de heliotropismo.

O gênero se divide em quatro seções (Heiser, 1978): I. Annui (espécies em sua maioria anuais, da América do Norte), II. Ciliares (espécies perenes do oeste da América do Norte), III. Divaricati (espécies perenes, em sua maioria do leste da América do Norte) e IV. Fruticosi (espécies arbustivas da América do Sul, que parecem ter origem distinta de outras espécies, considerada por Roger et al. (1982) pertencente ao gênero *Helianthopus*).

O girassol do gênero *Helianthus* compreende 49 espécies e 19 subespécies, com 12 espécies anuais e 37 perenes, todas nativas das Américas. A taxonomia do *Helianthus* é um pouco confusa, em razão da hibridação natural interespecífica e dos diferentes níveis de ploidia (diplóide, tetraplóide e hexaplóide com  $n = 17$ ) das várias espécies (Seiler, 1992). A relação entre cruzamentos de *H. annuus* com outras espécies está representada na Fig. 1.

O girassol comum, *H. annuus* L., é a espécie mais importante do ponto de vista comercial, sendo utilizada na alimentação como semente oleaginosa. Outra espécie utilizada na alimentação é a *H. tuberosus* L., da qual se aproveitam os tubérculos comestíveis. Várias outras espécies são comercializadas pelo valor ornamental (*H. argophyllus* T. y G., *H. debilis* Nutt., *H. decapetalus* L., *H. maximiliani* Schrad e *H. salicifolius* A. Dietr.). É interessante observar que a diversidade genética do gênero *Helianthus* está relacionada com a diversidade de ambientes onde se encontram as



**Fig. 1.** Compatibilidade de *Helianthus annuus* em cruzamentos com outras espécies.

diferentes espécies. Exemplificando, as espécies *Helianthus anomalus*, *Helianthus deserticola*, *Helianthus neglectus*, *Helianthus niveus* ssp *niveus* e *Helianthus argophyllus* são típicas de ambientes secos e solos arenosos, enquanto as espécies *Helianthus angustifolius*, *Helianthus agrestis*, *Helianthus californicus*, *Helianthus giganteus*, *Helianthus paradoxus* e *Helianthus tuberosus* são encontradas em ambientes úmidos. A considerável variabilidade genética encontrada no gênero *Helianthus* pode ser utilizada no programas de melhoramento do girassol cultivado.

## Germoplasma

À semelhança de outras culturas, a disponibilidade de germoplasma de girassol é fator decisivo na execução de programas de melhoramento. A ampliação da variabilidade genética é possível através do uso de acessos

de coleções mundiais, de espécies selvagens e de populações alteradas por agentes mutagênicos. Ressalta-se que este último é de uso limitado.

As coleções mundiais são constituídas por girassol cultivado proveniente de mais de 30 países. Os dois maiores bancos de germoplasma são mantidos em N.I. Vavilov All-Union Scientific Research Institute of Plant Industry (VIR) em São Petesburgo, na Rússia, e no USDA North Central Regional Plant Introduction Station em Ames, Iowa, USA. Nestes, encontram-se acessos silvestres, populações, linhagens e cultivares de polinização aberta.

Em programas de melhoramento genético, grande ênfase tem sido dada a utilização de espécies silvestres como fontes de resistência a doenças e pragas; teor e qualidade de óleo; tolerância à seca; citoplasma macho-estéreis e de seus respectivos genes restauradores. Algumas dessas espécies têm sido utilizadas com êxito em cruzamentos interespecíficos, como é o caso de *H. tuberosus*, usado por pesquisadores russos, buscando resistência a doenças, *H. petiolaris*, no qual se descobriu a macho-esterilidade citoplasmática (Leclercq, 1982), e *H. argophyllus*, como fonte de tolerância à seca (Baldini et al., 1992; Martin et al., 1992; Guimarães et al., 1995; Chimenti et al., 1995; Belhassen et al., 1996; Menichincheri et al., 1996).

O uso das espécies silvestres em cruzamentos interespecíficos é frequentemente dificultado em função da incompatibilidade, da distância genética e de aberrações cromossômicas. Neste aspecto, métodos de biotecnologia que vêm sendo aplicados recentemente na cultura do girassol podem trazer contribuições significativas para ampliar a base genética e, ao mesmo tempo, acelerar o programa de melhoramento. Algumas experiências obtidas com a utilização da biotecnologia são relatadas por Friedt (1992).

## **Objetivos do melhoramento genético**

O girassol é uma cultura com excelentes perspectivas de expansão no Brasil, em função das suas características (ampla adaptação, qualidade de óleo, tolerância à seca etc.). Para isso, há a necessidade de adequá-lo de forma harmônica, aos diferentes sistemas de produção relativos às culturas tradicionais, como milho, soja, cana-de-açúcar, arroz e outros. Diante dessas considerações, os programas de melhoramento genético devem ser direcionados para atingir os seguintes objetivos:

- rendimento de grãos, para torná-lo competitivo, considerando os altos custos de produção que prevalecem no País;
- alto teor de óleo, uma vez que a política de comercialização prevê uma bonificação para teores acima de determinado valor, que atualmente é de 40%, com tendências de aumento à medida que a cultura se tornar mais expressiva no País;
- ciclo precoce a médio, para uma perfeita integração aos diferentes sistemas de produção;
- porte reduzido, bem como uniformidade de altura e floração, para tornar o processo de colheita mais eficiente;
- resistência às doenças, especificamente a mancha de *Alternaria* (*Alternaria* spp.) e a podridão branca (*Sclerotinia sclerotiorum*), para garantir melhor estabilidade de produção na Região Sul.
- tolerância ao alumínio, à acidez e à deficiência de boro, visando atender principalmente a Região Centro-Oeste.

Para a Região Centro-Oeste é importante, ainda, considerar a tolerância à seca, pois, freqüentemente, a cultura é exposta à deficiência hídrica em função da época de semeadura nessa região.

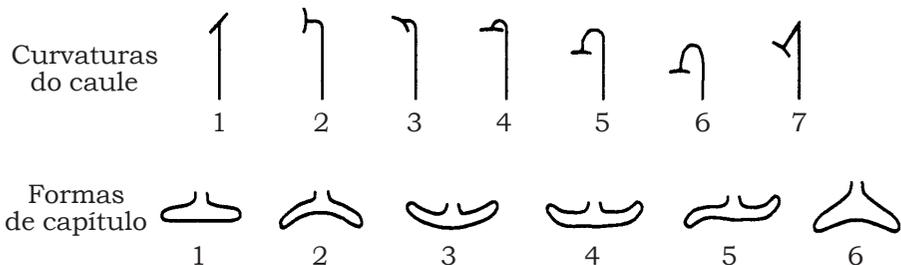
## **Caracteres a serem avaliados**

O melhoramento genético realizado com diferentes objetivos converge para um objetivo-fim, que é o maior ganho no rendimento de grãos e de óleo. Esses caracteres são complexos e resultantes da expressão e da associação de diferentes componentes, os quais são considerados no processo seletivo, pelo melhorista. Além de altura de planta, dias para o florescimento, dias para a maturação fisiológica, resistência a doenças e tolerância ao alumínio e à seca, devem ser considerados número de grãos planta<sup>-1</sup>, peso de 1000 grãos, diâmetro do capítulo, resistência ao acamamento, diâmetro do caule, número, tamanho e área da folha e teores de ácidos graxos. Além desses, outros caracteres, apesar de não estarem correlacionados diretamente com o rendimento de grãos e de óleo, são importantes, também, para a obtenção de cultivares. Dentre eles, mencionam-se:

**Auto-compatibilidade e aspectos da flor** - o girassol é uma planta tipicamente de fecundação cruzada. O transporte do pólen pelo vento é dificultado pelo seu peso. Com velocidade de 25 a 30 km h<sup>-1</sup>, o pólen pode chegar

a 200-300 m de distância e aglomerar-se facilmente, devido a sua superfície espinhosa, adaptada ao transporte por insetos. A presença de insetos polinizadores, principalmente abelhas, em quantidade suficiente nos campos de produção, é fundamental para uma polinização adequada, entomófila em sua maior parte. Vários autores têm observado incrementos de rendimento entre 20% e 100% com a presença de abelhas (Miller, 1987; Fonseca & Vazquez, 1994). Contudo, para reduzir a dependência desses polinizadores, a seleção para autocompatibilidade torna-se importante. Por outro lado, a produção de sementes híbridas, utilizando-se a macho-esterilidade, é altamente dependente da atividade das abelhas. Assim, características que tornam as flores mais atrativas desempenham papel fundamental. Aqui, destacam-se a cor amarelo-clara dos raios e discos florais, a quantidade e qualidade de néctar menos influenciadas pelas condições ambientais, e a maior produção de pólen, associada a maior durabilidade em condições de estresse.

**Características do capítulo** - a inflorescência do girassol, característica da família Compositae e normalmente conhecida como capítulo, é formada por um conjunto de flores hermafroditas (de 700 a 3000 flores), com diferentes tamanhos e formas que variam de côncavo a convexo, definindo seis classes (Fig. 2) (Knowles, 1978). As classes 1 e 4 são as mais desejáveis do ponto de vista agrônomo, levando-se em consideração os aspectos relativos à polinização, à colheita e ao acúmulo de água no receptáculo. Capítulos planos e menos espessos são mais desejáveis, porque permitem melhor distribuição dos tecidos vasculares e melhor contato com os grãos. Além disso, a espessura reduzida facilita a perda de água após a maturação fisiológica, sendo este um aspecto positivo para que a planta alcance mais rapidamente a maturação de colheita.



**Fig. 2.** Características básicas da planta de girassol.

Fonte: de acordo com Knowles, 1978.

**Ramificação** - o caule do girassol cultivado é tipicamente não ramificado apresentando em sua parte terminal uma inflorescência conhecida como capítulo. Plantas com caule ramificado, conhecidas como multicapituladas, freqüentemente são usadas como progenitores masculinos restauradores de fertilidade no processo de produção de híbridos. Essas ramificações variam tanto no número, quanto no comprimento e na disposição ao longo do caule principal. O tipo de ramificação pode ser em razão da constituição genética ou da condição fisiológica da planta, sendo fortemente influenciado por fatores ambientais, em especial por baixas temperaturas e nebulosidade nas primeiras etapas de desenvolvimento.

**Curvatura do caule** - o caule apresenta diferentes curvaturas (Fig. 2), que são definidas na fase de maturação fisiológica (Knowles, 1978). Quanto à produção, as classes de curvatura mais desejáveis são 3 e 4, por não estarem expostas ao sol, permitirem melhor proteção ao ataque de pássaros e apresentarem melhor eficiência na colheita.

## **Métodos de melhoramento**

O girassol é espécie alógama na qual se percebem dois mecanismos básicos. De um lado, a protandria, associada aos caracteres morfológicos das flores; de outro, a ocorrência de um sistema genético de auto-incompatibilidade. Esses dois mecanismos, sobretudo o último, determinam a diferença no nível de autofecundação de cada genótipo; portanto, há um gradiente que vai desde a completa auto-incompatibilidade até 100% de autofertilidade.

Os métodos de melhoramento usados na cultura do milho e em outras culturas alógamas são aplicados na cultura do girassol com algumas restrições ou modificações decorrentes de sua morfologia floral. A aplicação desses métodos visa o desenvolvimento de cultivares (variedades e híbridos) caracterizados pela alta produtividade e estabilidade na performance. O processo de desenvolvimento de cultivares inclui as seguintes etapas:

- obtenção ou desenvolvimento de fontes de variabilidade genética;
- desenvolvimento de cultivares de polinização aberta para uso “per se” ou para extração de linhagens;
- desenvolvimento de linhagens para a produção de híbridos.

## Desenvolvimento de germoplasma

No girassol, pode-se distinguir três tipos de planta quanto à fertilidade: planta mantenedora (HA ou B), planta macho-estéril (CMSHA ou A) e planta restauradora de fertilidade (RHA). Planta HA apresenta citoplasma normal (N) e não apresenta gene restaurador de fertilidade (Rf). Seu genótipo é N rrf, que o torna macho-fértil. Planta CMSHA apresenta citoplasma macho-estéril (S) e não apresenta gene restaurador de fertilidade. Seu genótipo é S rrf, que o torna macho-estéril. Planta RHA pode (ou não) apresentar citoplasma macho-estéril, mas apresenta gene restaurador de fertilidade. Seu genótipo é S ou N Rf, que o torna macho-fértil, independente do citoplasma. Populações de plantas HA podem ser utilizadas para uso 'per se' ou para o desenvolvimento de linhagens CMSHA, através da incorporação da macho-esterilidade. Na produção de um híbrido, a linhagem fêmea é planta CMSHA (macho-estéril) e a linhagem macho é planta RHA. A obtenção das linhagens macho é, geralmente, feita por meio da autofecundação de híbridos comerciais. Assim, as fontes de variabilidade genética disponíveis para o melhorista de girassol dependem do tipo de planta a ser obtido. As mais usuais são: cultivares de polinização aberta, compostos, sintéticos, populações locais, linhagens melhoradas, híbridos comerciais, híbridos interespecíficos, populações melhoradas e espécies silvestres de *Helianthus*, que representam a mais diversa fonte de variabilidade genética.

## Cultivares de polinização aberta

Cultivares de polinização aberta têm sido a mais valiosa fonte de variabilidade genética utilizada por melhoristas de girassol, nos Estados Unidos e Canadá, para desenvolver populações de plantas HA e linhagens CMSHA para a produção de híbridos. As primeiras fontes utilizadas para extrair linhagens para a formação de híbridos foram cultivares de polinização aberta provenientes da Rússia, particularmente de V. S. Pustovoit All-Union Research Institute of Oil Crops (VNIIMK). As cultivares de polinização aberta que têm sido mais usadas são "Peredovik", "Sputnik", "VNIIMK 1646", "VNIIMK 8883", "VNIIMK 8931", "Armavirskij 3497", "Salyut", "Advance", "Voshod", "Novinka", "Progress" e "Pervenets".

## Compostos

Composto no melhoramento genético de girassol é uma população de plantas de polinização aberta, derivadas do intercruzamento de um número de

genótipos selecionados para um caráter específico. Os compostos mais largamente utilizados têm sido aqueles cujas plantas são selecionadas quanto à resistência a uma doença específica ou outro caráter de interesse. O composto CM 303, do Centro de Pesquisa Agrícola do Canadá, Morden, Manitoba, foi derivado por seleção e inter cruzamento de plantas de “VNIIMK 8931”. Muitas linhagens fêmeas foram selecionadas deste composto, como é o caso de HA 89, mundialmente conhecida e utilizada nos programas de melhoramento. Os compostos têm sido utilizados como fonte de linhagens com resistência à ferrugem e ao míldio. Alguns compostos têm sido usados, também, como fontes de genes restauradores de fertilidade associados a um citoplasma específico.

### **Sintéticos**

O inter cruzamento de um número de plantas selecionadas individualmente, com base na sua capacidade de combinação, caracteriza um sintético, que é mantido por polinização aberta. O teste de capacidade de combinação consiste no cruzamento individual de plantas com um testador e na avaliação da sua progênie quanto aos caracteres importantes. As populações melhoradas desenvolvidas por seleção recorrente genotípica são consideradas sintéticos. A vantagem da utilização de sintéticos como fonte de linhagens é a sua elevada capacidade de combinação.

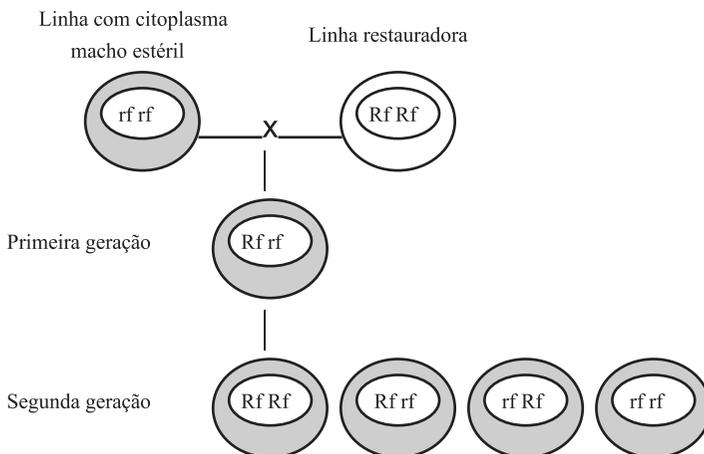
### **Linhagens melhoradas**

A fonte de variabilidade mais utilizada por melhoristas de girassol é originada do cruzamento entre duas linhagens. Este cruzamento dirigido tem o objetivo de reunir caracteres presentes em linhagens distintas. Por exemplo, uma linhagem restauradora obtida de uma introdução pode não ter resistência à raça 2 de míldio, mas ter excelente potencial para produtividade e percentagem de óleo. Esta linhagem pode ser cruzada com uma linhagem restauradora, que tem alto potencial produtivo, alta percentagem de óleo e o gene  $Pl_2$ , para resistência à raça 2 do míldio. A seleção de linhagens quanto a caracteres quantitativos, como produtividade, percentagem de óleo e altura de planta, é menos eficiente. O *testcross* de progênies selecionadas de um cruzamento é o único caminho para detectar se a nova combinação gênica resulta em melhor performance que a dos progenitores. A exemplo de outras culturas em que se utilizam híbridos, não há uma forte correlação entre produtividade “per se” das linhagens e produtividade

dos híbridos (Miller et al., 1982). Entretanto, a alta percentagem de óleo em linhagens progenitoras é prontamente transmitida para seus híbridos.

A utilização de linhagens melhoradas dá-se também de forma indireta, através dos híbridos comerciais. Estes híbridos selecionados podem ser autofecundados para obter uma população segregante. Todos os segregantes nesta população apresentam citoplasma macho-estéril, uma vez que a macho-esterilidade genético-citoplasmática é usada para a produção de sementes híbridas (Fig. 3). O melhorista pode usar a população diretamente para desenvolver linhagens restauradoras de fertilidade (R) melhoradas. O desenvolvimento de uma linhagem mantenedora (B) destas populações é mais difícil porque o citoplasma normal precisa ser introduzido de outras fontes. As plantas precisam ser cruzadas com uma linhagem com citoplasma normal, seguida pela seleção de um tipo de planta adequada para ser utilizada como progenitor feminino. Os genes restauradores provavelmente estarão presentes em muitas plantas, e *testcrosses* deverão ser feitos para se identificarem linhas com fontes de citoplasma macho-estéril sem genes restauradores, tornando o trabalho prático um tanto exaustivo.

Outra utilização menos comum de linhagem melhorada é através do seu cruzamento com um genótipo de base genética ampla, como cultivares de



**Fig. 3.** Representação esquemática da obtenção de linhagens restauradoras de fertilidade através da hibridização entre uma linhagem com genes dominantes de restauração e uma linhagem com citoplasma macho-estéril (extração de linhagens restauradoras através da autofecundação de híbridos).

polinização aberta ou populações de diferentes origens, que apresentam excelentes caracteres para serem usadas nos programas de melhoramento, mas não podem ser usadas diretamente, por apresentarem alto grau de auto-incompatibilidade, baixa percentagem de óleo, ou outras deficiências. O pólen destas fontes é usado para polinizar linhagens adaptadas, com alto grau de autofertilidade, alta percentagem de óleo, resistentes às raças do patógeno ou que apresentem caracteres agrônômicos desejáveis. Assim, a seleção é praticada na população resultante e não diretamente no germoplasma introduzido.

## **Mutagênese**

Mutagênese tem tido uso apenas limitado no melhoramento do girassol com o objetivo de aumentar a variabilidade genética. Alguns trabalhos têm indicado que a mutagênese pode ser usada para criar plantas de ciclo precoce e com altura reduzida. Soldatov (1976) produziu um tipo de mutante que possui alto teor de ácido graxo oléico na composição do óleo, e deste mutante ele desenvolveu uma cultivar de polinização aberta, chamada “Pervenets”.

## **Híbridos interespecíficos**

Espécies silvestres de girassol são reconhecidas por sua variabilidade de tipos agrônômicos, resistência a doenças e pragas e caracteres de qualidade de sementes (Seiler, 1985). Investigações recentes também têm identificado novas fontes de citoplasma macho-estéril e restauradores genéticos de citoplasmas obtidos de espécies silvestres (Whelan & Dedio, 1980; Leclercq, 1982; Heiser, 1985).

O número básico de cromossomos é  $x = 17$ . Espécies diplóides, tetraplóides e hexaplóides têm sido identificadas (Heiser et al., 1969; Heiser, 1978). O girassol cultivado e muitas espécies silvestres são diplóides. As espécies silvestres diplóides são as mais comumente encontradas na América do Norte. Elas são, na maioria, anuais e geralmente cruzam-se facilmente com o girassol cultivado. Cruzamentos com espécies silvestres diplóides têm sido utilizados para obter resistência à ferrugem e ao míldio, fontes de citoplasma macho-estéril e genes restauradores de fertilidade.

Existe um número considerável de espécies silvestres que não se cruzam prontamente com a espécie cultivada (Fig.1). Grandes diferenças na vari-

abilidade genética ocorrem entre plantas de uma única espécie silvestre coletada em regiões diferentes ou dentro de um certo limite geográfico. Cada população aparentemente tem evoluído dentro de seu próprio habitat. Existe variabilidade, entre e dentro destas populações, de fertilidade de pólen, estabilidade cromossomal e habilidade para cruzamentos, com sucesso, com a espécie cultivada. Muitas plantas precisam ser coletadas para a preservação do futuro germoplasma. A mesma precaução deveria ser observada nos cruzamentos feitos porque muitas plantas da espécie precisam ser usadas para amostrar a variabilidade genética. Se a espécie silvestre é usada como progenitor recorrente no retrocruzamento, maior número de plantas deve ser utilizado. No cruzamento entre a espécie silvestre anual e a espécie cultivada, algumas plantas  $F_1$  podem ser estéreis, entretanto, esta esterilidade é facilmente superada quando comparada com as dificuldades que ocorrem nos cruzamentos com espécies perenes (Miller, 1987).

Cruzamentos envolvendo espécies perenes tetraplóides e hexaplóides e espécie cultivada são geralmente de difícil sucesso. Entretanto, existe tanta variabilidade no sucesso do cruzamento quanto entre os caracteres desejáveis destas espécies. O número de sementes  $F_1$  pode não ser adequado para amostrar a variabilidade das diferentes plantas dentro de uma população. Após a germinação das sementes  $F_1$  e com o crescimento normal, os órgãos de reprodução do macho e da fêmea podem ser estéreis. Existem problemas como aneuplóides afetando a fertilidade nos cruzamentos com espécies tetraplóides ou hexaplóides. Uma barreira no cruzamento também pode existir limitando o sucesso entre algumas espécies. Cruzamentos recíprocos de plantas  $F_1$  podem ser forçados usando pólen da espécie cultivada para polinizar o  $F_1$  ou usando pólen do  $F_1$  para polinizar plantas cultivadas. Seleção contra o cromossomo da espécie silvestre pode ocorrer quando se utiliza o  $F_1$  como progenitor masculino e com seleção baseada no tipo de planta do girassol cultivado. Estas plantas são mais estáveis, mas os caracteres não são tão evidentes se comparados com as progênes oriundas de cruzamentos quando utilizam as plantas como receptora de pólen (Seiler, 1992).

Poucas espécies silvestres podem ser usadas como “pontes” para facilitar a transferência de genes para o girassol cultivado quando ocorre barreira nos cruzamentos, com exceção de *Helianthus tuberosus*, dentre outras.

O maior problema nas hibridizações interespecíficas tem sido obter sementes suficientes de plantas  $F_1$  para amostragem adequada da variabilidade genética nas espécies. Com a autofecundação das plantas  $F_1$ , poucas

sementes são produzidas. Cruzamentos entre plantas  $F_1$  resultam em maior sucesso. Retrocruzamento do  $F_1$  com a espécie cultivada produz mais sementes. Entretanto, se o caráter desejado é controlado por alelos recessivos ou é herança quantitativa, o cruzamento entre plantas  $F_1$  será mais eficiente para manter a diversidade genética. Este procedimento entre plantas  $F_1$  tem sido usado para transferir genes de resistência a *Sclerotinia* ou tolerância a insetos. Duplicar o número de cromossomos da planta  $F_1$  pode restaurar esta fertilidade e pode ser uma ferramenta eficiente em alguns cruzamentos.

Outra técnica utilizada para cruzamento interespecífico é o resgate de embrião. Esta também pode ser utilizada para encurtar o tempo de gerações nos diferentes procedimentos do programa de melhoramento (Friedt, 1992). Outro método bem sucedido é a regeneração do híbrido interespecífico através da cultura de antera (Mezzarobba & Jonard, 1986; Gurel et al., 1991; Friedt, 1992). Plantas haplóides, poliplóides e aneuplóides foram obtidas também por embriogênese ou por regeneração de calo (Friedt, 1992).

Outro problema encontrado é a dormência em sementes de espécies silvestres ou em sementes  $F_1$  oriundas do cruzamento destas com o girassol cultivado. O período de dormência varia entre os genótipos, chegando até 50 dias. Uma excelente técnica para quebrar a dormência em girassol silvestre é o método desenvolvido por Chandler & Jan (1985).

## **Desenvolvimento de cultivares de polinização aberta**

As populações melhoradas se destinam ao uso “per se” ou como fonte para a extração de linhagens CMSHA, visando a produção de híbridos. A seleção massal, a seleção recorrente e o Método de Pustovoit ou das Reservas são os tradicionalmente usados.

### **Seleção massal**

A seleção massal geralmente refere-se à seleção fenotípica individual de plantas para melhorar uma cultivar ou população quanto a alguns caracteres específicos, sem um estudo individual da descendência. Frequentemente, ela está associada à seleção negativa, eliminando as plantas atípicas antes do florescimento. Dois procedimentos têm sido utilizados com girassol: a seleção fenotípica e a seleção de famílias. O primeiro

consiste em identificar e selecionar em campo plantas  $S_0$  com caracteres desejáveis, não havendo, portanto, o controle de polinização. Estas plantas são colhidas em *bulk*, e suas sementes são misturadas para formar um novo cultivar. Este método foi responsável pelos avanços conseguidos com a cultura do girassol na Rússia. As cultivares Fuksinka 3, Chernianka 35, Pioneer Sibiri e Omskij foram desenvolvidas por seleção massal. Na Argentina esta seleção também tem sido usada extensivamente para produzir cultivares melhoradas de girassol. As cultivares Manfredi INTA, Guaycan INTA, Cordobes INTA e Impira INTA foram desenvolvidas por este método. De acordo com Davreux et al. (1974), o desenvolvimento de cultivares com alta produtividade através da seleção massal permanece como parte do atual programa de melhoramento.

O método de seleção massal é eficiente na melhoria de diferentes caracteres, principalmente os qualitativos e com alta herdabilidade. Como exemplos, são citados a precocidade, a resistência a *Orobanche cumana* Wallr., a percentagem de casca, a resistência a doenças, o teor de óleo, o tamanho de semente e a uniformidade e cor de grão de girassol (Fick, 1978; Miller, 1987).

A seleção de famílias foi também uma das formas de seleção massal mais largamente usada. Este método envolve seleção individual de plantas  $S_0$ , sem controle de polinização e classificação daquelas plantas quanto a caracteres de interesse. Cada planta é colhida separadamente, e as sementes oriundas de plantas de classificação similar são misturadas em *bulk*. Os vários *bulks* são plantados isoladamente para que ocorra subsequente polinização cruzada dentro das famílias fenotipicamente similares. Gundaev (1971) listou 11 cultivares desenvolvidas pela seleção de famílias e regionalizadas para a produção na Rússia.

## **Seleção recorrente intrapopulacional**

### **Progênies de meio-irmãos**

A seleção recorrente em progênies de meio-irmãos tem sido utilizada em programas de melhoramento de girassol para aumentar a produtividade e a percentagem de óleo. O germoplasma utilizado depende do tipo de linhagens a serem extraídas, ou seja, linhagens a serem usadas como fêmea ou como macho. Geralmente as populações são mantidas separadamente para simplificar o desenvolvimento de linhagens para futuros híbridos. As populações iniciais ( $C_0$ ) são freqüentemente uma combinação de linhagens com alta performance ou um composto de linhas de uma ou muitas culti-

vares de polinização aberta. As fontes escolhidas para compor a população  $C_0$  passam, normalmente, por duas gerações de intercruzamento. Os intercruzamentos são realizados por meio da emasculação manual ou química (ácido giberélico) de plantas de cada fonte, as quais são polinizadas através de uma mistura de pólen representativa de todas as plantas das diferentes fontes.

Uma vez obtida a população  $C_0$ , ela é submetida ao processo de seleção recorrente. Para isso, plantas individuais são selecionadas, autofecundadas e cruzadas com uma ou duas linhagens testadoras, obtendo-se as progênies de meio-irmãos. Estes *testcrosses* são avaliados no ano seguinte em ensaios com repetições, visando avaliar os caracteres agrônômicos, a produtividade e a percentagem de óleo. Cerca de 30% a 40% das plantas superiores da população  $C_0$  são selecionadas. As sementes remanescentes autofecundadas destas plantas são usadas para o intercruzamento para formar a população  $C_1$  (Miller, 1987).

### **Progênies $S_1$**

A seleção recorrente baseada em famílias endogâmicas  $S_1$  é uma outra alternativa para o melhoramento intrapopulacional, que pode ser usada no desenvolvimento de cultivares de polinização aberta. Plantas individuais  $S_0$  são selecionadas de uma população heterogênea e protegidas para a realização da autofecundação e obtenção das progênies  $S_1$ . Um alto grau de autocompatibilidade não é necessário nas plantas selecionadas, pois a quantidade de sementes necessária é pequena já que se destina à avaliação em um ensaio com repetição e ao intercruzamento das plantas  $S_0$  selecionadas. Sementes das progênies  $S_1$  autofecundadas são semeadas e avaliadas em ensaios com repetições. As linhas são avaliadas quanto ao número de dias da germinação ao florescimento e maturidade, à produtividade, à percentagem de óleo e outros caracteres. Com base na performance das linhas, são selecionadas as 30% superiores. Sementes remanescentes das progênies  $S_1$  das plantas selecionadas são usadas para o intercruzamento para formar uma nova população. O uso de casa de vegetação no processo de intercruzamento permite completar o ciclo em dois anos (Miller, 1987).

### **Seleção recorrente interpulacional**

Um esquema de seleção recorrente recíproca com progênies de irmãos completos foi iniciado no Departamento de Agricultura dos Estados Uni-

dos (USDA), Fargo, North Dakota, utilizando duas populações. A primeira população foi composta de uma coleção de linhagens B e uma segunda população, por plantas multicapituladas restauradoras de fertilidade (R). O germoplasma inicial de cada tipo foi intercruzado para criar duas populações  $C_0$ .

Famílias de irmãos completos são obtidas através do transporte de pólen de uma planta selecionada da população de linhagens B para um capítulo principal emasculado de uma planta da população de linhagens R. O capítulo principal é emasculado através da aplicação de ácido giberélico ( $GA_3$ ) na concentração de 50 ppm. As sementes de autofecundação são obtidas cobrindo com uma sacola, de pano ou papel, o segundo capítulo da planta da linha R tratada. A planta da linha B selecionada para cruzamento também é autofecundada.

Os híbridos oriundos desses cruzamentos são testados no ano seguinte, utilizando-se um delineamento experimental em blocos ao acaso, com duas repetições, e adicionando testemunhas a cada bloco. Os 30% superiores são identificados, e as sementes autofecundadas das plantas que constituem os híbridos selecionados são misturadas dentro de cada população e intercruzadas para constituir a população  $C_1$ .

O esquema de seleção recorrente recíproca de irmãos completos, além de ser eficiente para melhorar duas populações ao mesmo tempo (Miller & Hammond, 1985), também é eficiente para identificar linhagens com alta capacidade geral de combinação e para testar e identificar, em gerações precoces, indivíduos com alto potencial de produtividade, antes que recursos sejam investidos no processo de endogamia e seleção.

### **Método das reservas ou de Pustovoit**

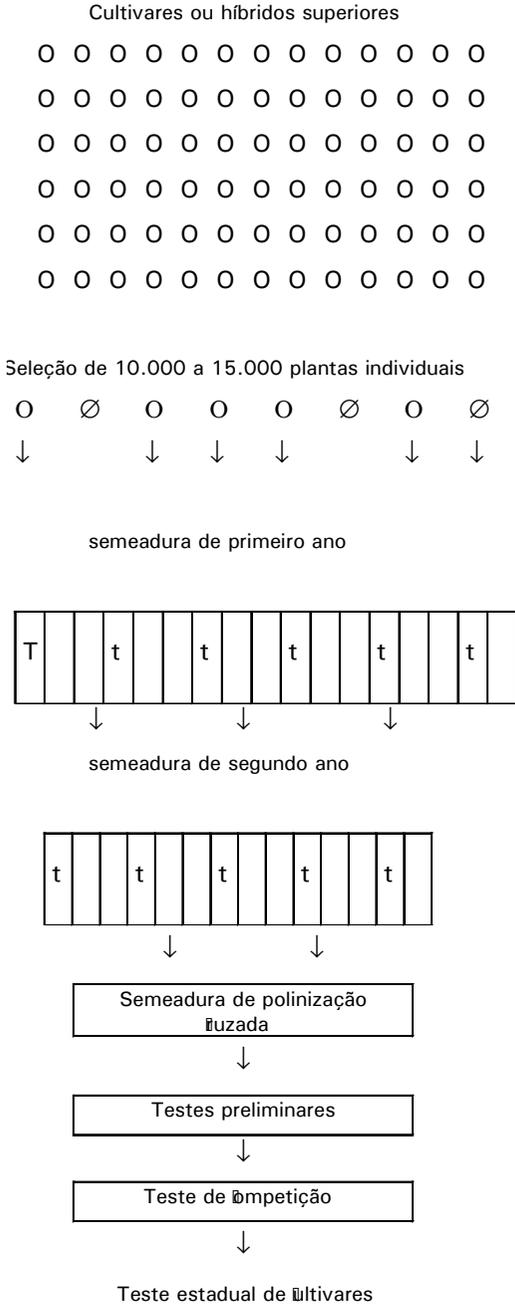
O método mais largamente usado e com sucesso para desenvolver cultivares de polinização aberta de girassol foi iniciado por V.S. Pustovoit na Rússia (Pustovoit, 1967). Este autor deu ênfase ao aumento da percentagem de óleo em girassol. O método é uma forma de seleção recorrente com progênies de meio-irmãos, que inclui a avaliação de progênies e subsequente polinização cruzada entre as progênies superiores. A seleção é praticada entre e dentro de famílias em cada ciclo. O método foi especialmente eficiente para aumentar a percentagem de óleo, de aproximadamente 30%, no início de 1920, para mais de 50%, em 1963. Todas as estações experimentais envolvendo melhoramento de girassol na antiga União Soviética e nos

países do leste europeu usam o método de reservas. O método está representado na Fig. 4 (Fick, 1978).

Dez mil a quinze mil plantas individuais  $S_0$  com um grande número de sementes por capítulo (1200 ou mais) são selecionadas de uma população heterogênea, que pode ser uma cultivar-elite, uma população, ou progênies oriundas de hibridização intraespecífica ou interespecífica. As sementes destas plantas são analisadas para percentagem de casca e óleo. Baseando-se nestas análises, 1000 a 1200 capítulos são selecionados para avaliação de progênies. Usualmente estes são divididos em dois ou quatro grupos com base em caracteres agronômicos, como dias para a maturação e altura. Progênies de plantas individuais dentro de cada grupo são avaliadas em uma única linha com duas repetições. Uma testemunha, que consiste na melhor cultivar que apresente maior similaridade com as linhas que estão sendo avaliadas, é incluída em cada três linhas. As progênies são avaliadas quanto ao ciclo, à altura, à posição de capítulo, ao diâmetro de capítulo, à produção de aquênios, ao peso de aquênios, ao tipo de aquênio, à percentagem de casca e percentagem de óleo.

Uma avaliação da resistência a certas doenças pode ser conduzida concomitante em campo cultivado separadamente para este propósito. Com base nestas observações do teste de primeiro ano, 15% a 20% das melhores plantas são avaliadas no segundo ano, usando-se métodos e técnicas similares. Sementes remanescentes de meio-irmãos das plantas selecionadas obtidas antes do primeiro ano de teste são usadas para plantar o segundo ano de teste. Depois do segundo ano, as sementes remanescentes das melhores 20 a 50 (10% a 20%) progênies selecionadas inicialmente são semeadas em campo isolado para multiplicação por polinização aberta. As plantas infectadas por doenças, multicapituladas, extremamente altas, suscetíveis à quebra ou que apresentam outro caráter indesejável são removidas durante este período. Os capítulos são colhidos individualmente e uma amostra de sementes é usada para análise do teor de óleo em laboratório. Com base nos resultados, as sementes das melhores plantas dentro das 20 a 50 progênies são misturadas. Novo ciclo de seleção poderá ser realizado ou a população ser submetida à avaliação em ensaios preliminares e em ensaios de competição de cultivares (Miller, 1987).

O método é eficiente tanto para a avaliação da percentagem de óleo quanto de produtividade, entretanto, o ganho por ano é de algum modo limitado em função do número de anos necessários para a conclusão de um ciclo (Fick, 1978).



Análise de óleo e outras características: 1000-1200 plantas selecionadas para semeadura de primeiro ano.

Avaliação de características agrônômicas, qualidade de sementes e doenças: 150-200 capítulos selecionados para semeadura de segundo ano.

Segundo ano de avaliação das características: 20-50 capítulos selecionados para a semeadura de polinização cruzada.

Sementes dos cruzamentos de polinização aberta são utilizadas para testes preliminares e de competição.

Melhoria preliminar de cultivares conduzidos com base nos testes de competição

**Fig. 4.** Diagrama do “Método de Reservas” de Pustovoit para melhoramento de girassol.

## **Desenvolvimento de linhagens para a produção de híbridos**

As linhagens HA e CMSHA usadas para produzir híbridos são obtidas por autofecundações sucessivas. As principais fontes utilizadas são variedades de polinização aberta, compostos, sintéticos ou populações desenvolvidas a partir de cruzamentos planejados entre progenitores selecionados. O símbolo S é utilizado para denotar a geração de autofecundação em germoplasma de polinização aberta, e o símbolo F é utilizado para denotar gerações de progênies obtidas por autofecundações de populações obtidas de cruzamentos planejados. As gerações  $S_0$  e  $F_2$  são consideradas geneticamente equivalentes.

A autofecundação é usada para conduzir os indivíduos à homozigose. O grau de endogamia é uma importante consideração por causa dos seus efeitos no vigor das progênies, na manutenção da integridade genética do caráter e na uniformidade dos híbridos comerciais. O vigor de uma linhagem de girassol é proporcional ao número de gerações de endogamia. No caso em que se objetiva a produção de híbridos, deve-se observar a capacidade da fêmea em produzir sementes e a do macho em produzir pólen. Como o custo de produção de sementes é muito importante, o grau de endogamia pode ser limitado, ou ênfase deve ser dada à seleção de linhagens que se mantenham vigorosas após várias gerações de endogamia. O melhorista usa muitos métodos para desenvolver linhagens para obtenção de híbridos. É preciso escolher o método mais apropriado para alcançar os objetivos do programa, levando em conta a herdabilidade do caráter, o tempo e os recursos disponíveis. Os métodos de melhoramento mais comumente utilizados são o genealógico, o da população e o dos retrocruzamentos. Esses métodos podem ser usados, também, para a obtenção de linhagens RHA de auto-fecundações de híbridos.

### **Método genealógico**

Este é o método mais comum usado pelos melhoristas para desenvolver linhagens. A seleção dos genótipos desejados começa na geração  $F_2$  ou  $S_0$ , dependendo do material-fonte utilizado. Plantas desejáveis na geração  $F_2$  são autofecundadas protegendo-se os capítulos individuais com sacos. Na colheita, aquelas plantas que exibirem suscetibilidade a doenças ou outros caracteres agrônômicos indesejáveis são descartadas. A progênie  $F_3$  de cada planta  $F_2$  selecionada é cultivada na estação seguinte. Geralmente são selecionadas e autofecundadas de três a seis plantas dentro das

melhores linhas  $F_3$ . A progênie  $F_4$  de cada planta  $F_3$  selecionada é cultivada em uma fileira separada na estação seguinte. Plantas são selecionadas e autofecundadas dentro das linhas  $F_4$  superiores. Uma mistura de pólen das plantas dentro das linhas  $F_4$ , ou do pólen de uma única planta representativa daquelas dentro da linha, é coletada e usada para polinizar linhagens testadoras para produzir sementes de *testcross*. Três a quatro plantas geralmente são selecionadas para autofecundação dentro das linhas  $F_4$ . As progênies  $F_5$  de cada planta  $F_4$  selecionada são semeadas na estação seguinte. Plantas são selecionadas e autofecundadas dentro das linhagens  $F_5$  selecionadas. Se as plantas dentro das linhagens são fenotipicamente uniformes, as sementes das plantas selecionadas podem ser colhidas e misturadas para uso em futuros testes como linhagens derivadas de  $F_4$ . Entretanto, se as plantas dentro das fileiras ainda não estão uniformes, a seleção entre e dentro das linhagens deve continuar nas gerações seguintes. Durante a mesma estação em que as linhagens  $F_5$  estão sendo observadas, os híbridos de *testcrosses* são avaliados em testes com repetições. Com base no desempenho agrônômico, na qualidade de semente e na produtividade dos híbridos, as linhagens  $F_5$  que apresentarem as melhores capacidades de combinação deverão ser selecionadas. Se o objetivo é utilizar a linha  $F_5$  (linha B) como fêmea, esta deverá apresentar a versão macho-estéril (linha A). Isto pode ser feito através de retrocruzamentos, utilizando-se uma fonte macho-estéril (CMS). A conversão de uma linhagem B para uma linhagem A geralmente requer cinco retrocruzamentos. Depois do quinto retrocruzamento, usando a linhagem B como progenitor recorrente, a linhagem A é considerada geneticamente equivalente à linhagem B. A linhagem A é cruzada com duas linhagens testadoras para a avaliação da capacidade de combinação (Miller, 1987).

O método genealógico ou *pedigree* é eficiente para a seleção de vários caracteres agrônômicos em girassol. A autocompatibilidade é obviamente o caráter selecionado, já que, após cada geração de autofecundação, deve haver um número adequado de sementes para a próxima geração. Os melhoristas também utilizam as sementes produzidas por autofecundação para avaliar as linhagens quanto ao teor de óleo. Os caracteres agrônômicos são avaliados fenotipicamente, incluindo data de florescimento, inclinação e forma de capítulo e resistência a pragas e doenças.

Com o objetivo de reduzir o número de anos no desenvolvimento de linhagens, algumas gerações podem ser semeadas em casas de vegetação. Essa estratégia freqüentemente é utilizada para a autofecundação de plantas  $F_1$ , a fim de produzir quantidades adequadas de sementes  $F_2$  para a próxima geração, bem como na conversão de linhagens B para linhagens A.

## Método da população

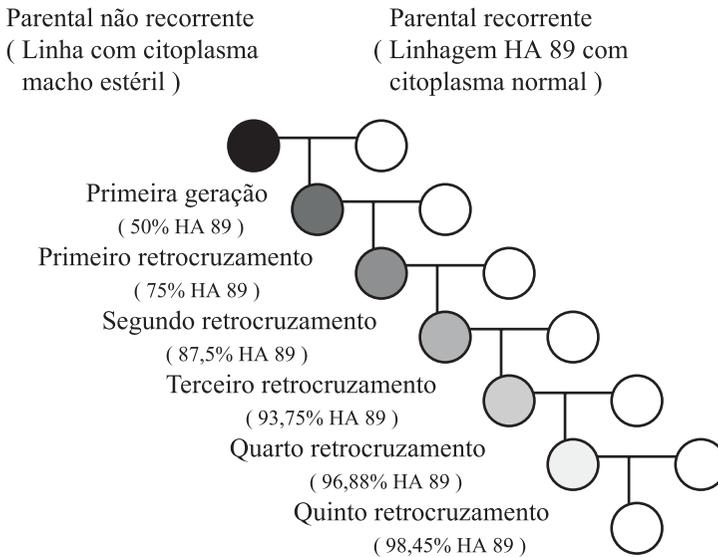
Nas primeiras gerações da endogamia, o método da população (*bulk*) é bastante diferente do método *pedigree*. Seleções nas gerações  $F_2$  a  $F_4$  são realizadas em plantas individuais autofecundadas dentro da população como um todo e não entre e dentro das fileiras. Pode ser praticada seleção para autocompatibilidade após a autofecundação. A percentagem de óleo também pode ser determinada nas plantas individuais antes que as sementes dos indivíduos selecionados sejam misturadas para a próxima geração de endogamia.

A principal vantagem de método *bulk* é a economia de área nas primeiras gerações de endogamia. Na geração  $F_3$ , o método do *pedigree* deverá ter de 50 a 200 fileiras representantes, e o método do *bulk* será representado por 6 a 10 fileiras constituídas por 20 plantas cada uma. A desvantagem desse método é a ênfase dada à seleção de plantas individuais antes de ocorrer seleção entre e dentro das linhas. Um ambiente variável não permite ao melhorista a seleção visual entre plantas individuais.

## Método dos retrocruzamentos

O método é usado para transferir um ou poucos genes de um progenitor para outro. O progenitor que contém os genes a serem transferidos ao outro progenitor é chamado de não recorrente ou doador e o progenitor, para o qual os genes estão sendo transferidos, é chamado de recorrente. Um caso específico do uso desse método ocorre quando se quer transferir ao genoma de uma linhagem B o citoplasma macho-estéril, criando uma linhagem A (Fig. 5). Neste caso, existe o interesse de manter o genoma da linhagem B (progenitor recorrente) apenas incluindo o(s) gene(s) que determina(m) a macho-esterilidade presente no progenitor doador.

A finalidade do retrocruzamento para o progenitor recorrente é de recuperar a maioria de seus genes desejáveis, dependendo do objetivo do programa. Se a linhagem derivada do retrocruzamento deve ser idêntica ao genótipo do progenitor recorrente, cerca de cinco retrocruzamentos são necessários. Entretanto, se o melhorista não precisa recuperar todo o genótipo do progenitor recorrente, dois ou três retrocruzamentos são suficientes para transferir o gene desejável; depois o melhorista pode selecionar para conseguir genótipos com melhores caracteres ou similares ao progenitor recorrente.



**Fig. 5.** Representação esquemática do método dos retrocruzamentos, demonstrando como desenvolver e manter uma linhagem com citoplasma macho-estéril a partir da linhagem HA 89 com citoplasma normal.

A maioria dos exemplos de sucesso da utilização do retrocruzamento em girassol envolve a transferência de genes de resistência a doenças como verticillium, míldio e ferrugem para linhagens, uma vez que a resistência é controlada por um único gene dominante de fácil identificação nas gerações segregantes.

### **Avaliação da capacidade de combinação das linhagens**

Os métodos de melhoramento de *pedigree*, *bulk*, retrocruzamentos e outros resultam em linhagens homozigóticas a partir das gerações  $F_4$  e  $F_5$ . Estas linhas precisam ser testadas em combinações híbridas para avaliar a capacidade de combinação de cada uma. As linhas derivadas de gerações  $F_4$  ou  $F_5$  podem ser testadas em testes preliminares para a produção de híbridos, para eliminar aquelas de menor potencial. Estes híbridos preliminares são chamados de *testcrosses*, significando que os testadores são utilizados em cruzamentos com cada linha individualmente. Os testadores podem ser linhagens com alta performance, usadas na produção de

híbridos comerciais. Eles também podem ser linhagens com deficiências específicas para verificar se as novas linhas eliminarão estas deficiências na combinação híbrida. O melhorista deve decidir qual testador usar: se uma linhagem, que sendo totalmente homozigota, produz apenas um tipo de gameta, ou se fontes de gametas heterogêneos, como um híbrido ou um sintético, visando testar a capacidade geral ou específica de combinação. Os melhoristas de empresas privadas preferem usar linhagens, com intuito de usá-las diretamente para formar o novo híbrido. Já, os melhoristas de empresas públicas preferem usar como testadores materiais com ampla base genética e selecionar para capacidade geral de combinação ou para capacidade geral e específica juntas. O uso de dois testadores tem sido sugerido. Nos programas de melhoramento, um pode ser selecionado para determinar a capacidade geral de combinação das linhagens, e o outro para a capacidade específica de combinação. Normalmente esta escolha vai depender dos objetivos de cada cruzamento e das estratégias do melhoramento (Miller, 1987).

Para a avaliação da capacidade de combinação de linhagens restauradoras de fertilidade (R), necessita-se de testadores com citoplasma macho-estéril (linhagem A CMS). Os cruzamentos são relativamente fáceis porque o pólen pode ser coletado de plantas selecionadas e cruzado com a linhagem A CMS, usada como testador. Testar a capacidade de combinação de novas linhagens mantenedoras (linhagens B, ou seja, linhagens com citoplasma fértil) é mais difícil que para novas linhagens restauradoras de fertilidade. Como a linhagem restauradora usada como testador é macho-fértil, a hibridização artificial precisa ser realizada para produzir as sementes do *testcross*, ou as linhagens B precisam ser convertidas para a forma de linhagem A (CMS). Se o melhorista escolher converter todas as linhagens B derivadas de gerações  $F_4$  ou  $F_5$  para linhagens A, um grande desperdício de tempo e recursos é investido no processo de retrocruzamentos antes de se iniciar a avaliação da capacidade de combinação. Entretanto, se linhagens B podem ser cruzadas com um restaurador antes da conversão em linhagens A, a performance dos híbridos pode ser estimada em testes preliminares, e uma percentagem de linhagens inferiores pode ser eliminada (Miller, 1987).

Os principais métodos usados para produzir sementes de *testcross* para a avaliação de linhagens mantenedoras (B) em testes preliminares são: *i*) utilização de cruzamentos com linhagens restauradoras de fertilidade, usando emasculação manual ou química e linhagens com macho-esterilidade genética (linhagens A CMS); *ii*) cruzamentos triplos. A eliminação do pólen fértil em progenitores restauradores pode ser conseguida por

emasculação ou tratando o capítulo principal com ácido giberélico (GA3). O pólen pode ser transferido para os estigmas do capítulo principal para produzir de 50 a 200 sementes híbridas. O número de plantas restauradoras polinizadas depende do número de sementes requeridas para teste preliminar de híbridos para produtividade.

O pólen fértil pode ser eliminado dos progenitores restauradores usando o sistema de macho-esterilidade genética. O genótipo *msms* determina a macho-esterilidade, inibindo a ação dos genes de restauração de fertilidade do progenitor restaurador. O alelo *Ms* pode estar ligado ao alelo para pigmentação de antocianina, tornando-se fácil a sua identificação. O sistema de retrocruzamentos é usado para transferir o alelo de macho-esterilidade genética (*ms*) para a linha restauradora a ser utilizada como testador. O pólen da linhagem B experimental é transferido para o testador *msms*. Como todas as linhagens B têm o genótipo *MsMs*, os híbridos serão férteis.

Quando novas linhagens B estão sendo avaliadas visando seu uso como um dos progenitores do híbrido triplo, a linhagem A CMS pode ser usada como testadora. As plantas provenientes deste cruzamento são estéreis, devendo-se, portanto, incluir no campo uma fonte de pólen fértil para quantificar a produtividade. O teste tem mais eficiência em determinar a heterose entre as linhagens B e A, quando comparadas com as linhagens B e R. Os híbridos triplos podem ser produzidos para serem avaliados quanto à produtividade após os testes preliminares, onde foram eliminadas as linhagens B inferiores.

## **Melhoramento genético no Brasil**

A pesquisa com girassol, no Brasil, foi iniciada pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC) do Estado de São Paulo e os primeiros registros datam de 1932. No Rio Grande do Sul, as pesquisas foram iniciadas na década de 50. Devido à demanda por fontes energéticas, em 1980 foram reiniciados os trabalhos experimentais, respaldados pela existência de híbridos e informações de pesquisa realizadas especialmente nos estados do Paraná e de São Paulo. Os trabalhos desenvolvidos foram basicamente nas áreas de manejo da cultura e melhoramento genético. Observa-se que os programas sofreram freqüentes interrupções, dificultando ou mesmo impedindo o desenvolvimento esperado. O fator que contribuiu para esta situação foi, basicamente, a falta de um sistema eficiente e organizado de

comercialização, associado à falta de tecnologia de produção (Seção 1 – Origem e histórico do girassol).

Novamente, a partir de 1989, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) através do Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Embrapa Soja) retomou as pesquisas e, após a avaliação dos problemas ocorridos com a cultura nos anos anteriores, foram estabelecidas algumas linhas de pesquisa, contemplando o melhoramento genético através da introdução e avaliação de genótipos em regiões produtoras e/ou potenciais, bem como a obtenção de populações melhoradas e de linhagens para posterior formação de híbridos. Nesse período, avanços significativos foram obtidos com a cultura. Programas de melhoramento genético vêm sendo conduzidos por outras instituições, inclusive empresas privadas que trabalham com a cultura em outros países.

Em 1997, a Embrapa Soja lançou a variedade Embrapa 122 - V2000, proveniente de seleção na variedade Issanka, introduzida da França (Castiglioni et al., 1997). A variedade foi avaliada nas safras de 1991 a 1996, em 72 ambientes, nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Mato Grosso de Sul, Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais, Tocantins, Piauí e Distrito Federal, em ensaios de rede de avaliação de genótipos de girassol. O material destaca-se pela precocidade. Atinge média de produtividade de 1741 kg ha<sup>-1</sup> e teor médio de óleo de 43,55%, em semeadura de agosto/setembro, na Região Sul, e 1503 kg ha<sup>-1</sup> e teor médio de óleo de 39,91% em semeadura de janeiro/fevereiro, na região do Brasil Central.

Além do girassol destinado para a extração de óleo, o programa de melhoramento da Embrapa Soja vem desenvolvendo cultivares específicas para o mercado de flores (Oliveira & Castiglioni, 2003). Em 2001, foram registradas várias cultivares de girassol ornamental, com tonalidades de colorações distintas e adaptadas ao Brasil. Além da fixação da coloração, foram desenvolvidas cultivares unicapituladas para a composição de ramaletes e cultivares multicapituladas para cultivo em jardim.

Para dar suporte ao trabalho de desenvolvimento de cultivares, a Embrapa Soja vem gerando conhecimentos em busca de eficácia do programa de melhoramento. Dentre esses, Castiglioni & Oliveira (1995) verificaram a possibilidade do uso de gerações precoces através da avaliação de 24 híbridos provenientes do cruzamento de três linhagens macho-estéreis e 12 linhas nas gerações S<sub>3</sub> e S<sub>4</sub>, oriundas de uma mesma população. Os caracteres avaliados foram rendimento de grãos, teor de óleo, altura de planta, altura de capítulo, diâmetro de caule, tamanho de capítulo, dias

para o florescimento, dias para a maturação fisiológica e peso de 1000 grãos. O efeito de gerações foi não significativo para todos os caracteres avaliados. Os autores sugeriram a realização da seleção de linhas na geração  $S_3$ , o que reduz o tempo e o volume de trabalho e a eficiência do programa. Guimarães et al. (1995) avaliaram a performance de oito genótipos sobre diferentes condições de estresse hídrico na região Centro-Oeste do Brasil. O genótipo HA89\*T- (derivado de *Helianthus argophyllus*) mostrou o melhor desempenho em relação a índice de tolerância a seca e a rendimento em condições irrigadas. Esse comportamento pode estar relacionado a sua menor taxa de permeabilidade de perda de água foliar.

Oliveira et al. (1997a) estimaram a adaptação e a variabilidade de doze populações de girassol para os vários componentes de rendimento, em ensaios conduzidos em Londrina, pela Embrapa Soja. Esse estudo possibilitou realizar seleção entre populações e direcionar o melhoramento genético em função dos objetivos estabelecidos. Oliveira et al. (1997b) estudaram a capacidade de produção de aquênios oriundos de autofecundação de 49 populações de girassol de diferentes origens, para serem utilizadas em programas de melhoramento genético. Para isto, foi calculada a razão (R) entre o peso total ou o número total de grãos produzidos nas plantas auto-fecundadas pelos respectivos totais produzidos em plantas de polinização aberta multiplicado por 100 (%). Essas informações são úteis para verificar o grau de auto-incompatibilidade de uma população e sua potencialidade na retirada de linhagens para produção de híbridos. Apenas dez populações apresentaram valores de R acima de 19% para peso de grãos e de 12% para número de grãos, indicando um bom potencial para serem incluídas em programas de melhoramento envolvendo esquemas que exijam auto-fecundações. Dessas dez populações, seis eram originados do Irã.

Astafeief (1997) estimou a variabilidade de 180 genótipos de girassol quanto à tolerância ao alumínio. Para isto, a autora desenvolveu uma metodologia rápida e eficiente em solução hidropônica. A indicação dessa metodologia para utilização rotineira em programas de melhoramento genético depende, segundo a autora, da comparação dos níveis de tolerância observados em hidroponia com testes em condições de campo, como por exemplo, em solos ácidos de Cerrados.

Castiglioni et al. (1999) verificaram a capacidade geral (CGC) e a capacidade específica de duas linhagens macho-estéreis e um grupo de sete linhagens  $S_4$  restauradoras de fertilidade. Considerando a CGC para rendimen-

to de grãos e para teor de óleo, os progenitores com maiores potenciais para o melhoramento foram CMS HA 302 (originária de uma população americana) para ser usada como progenitor feminino e as linhagens 89V2345)3382 e 89V2345)3311 (derivadas da população Embrapa 122 - V2000) como progenitor masculino.

Oliveira et al. (2000) avaliaram os efeitos de depressão endogâmica na Embrapa 122 - V2000 e verificaram que eles foram não significativos para dias para a floração inicial, dias para a maturação fisiológica e teor de óleo e foram significativos para rendimento de grãos, altura de planta, diâmetro do caule, diâmetro do capítulo e peso de 1000 sementes. Os efeitos de depressão endogâmica foram mais pronunciados da primeira para a segunda geração.

Esses resultados, bem como os demais relatados anteriormente, estão sendo úteis ao Programa de Melhoramento Genético da Embrapa Soja para definir a melhor estratégia de seleção de linhagens e obtenção de populações e de híbridos.

## Referências

ASTAFEIEF, N.C.A. **Identificação, em hidroponia, de genótipos de girassol (*Helianthus annuus*, L.) tolerantes ao alumínio**. 1997. 99f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

BALDINI, M.; CECCONI, F.; MEGALE, P.; BENVENTURI, A.; VANNOZZI, G.P. Improvement of drought resistance in cultivated sunflower by the use of *Helianthus agrophyllus* T&G. results of a divergent selection for physiological parameters. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 13., 1992, Pisa. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1992. p.980-987.

BELHASSEN, E.; CASTIGLIONI, V.B.R.; CHIMENTI, C.; GRIVEAU, Y.; JAMAUX, I.; STEINMETZ, A. Looking for physiological and molecular markers of leaf cuticular transpiration using interespecific crosses between *Helianthus argophyllus* and *H. annuus*. In: SYMPOSIUM ON DROUGHT TOLERANCE IN SUNFLOWER, 2., 1996, Beijing-Shenyang. **Proceedings...** Beijing-Shenyang: LAAS, 1996. p.39-44.

CASTIGLIONI, V.B.R.; LEITE, R.M.V.B.C.; OLIVEIRA, M.F. de. **Variedade de Girassol – V2000**. Londrina: CNPSo, 1997. 1 folder.

CASTIGLIONI, V.B.R.; OLIVEIRA, M.F. de. Uso de gerações precoces na avaliação de linhas de girassol. In: CONGRESSO NACIONAL DE GENÉTICA, 41.,

1995, Caxambu. **Resumos...** Caxambu: Sociedade Brasileira de Genética, 1995. p.108.

CASTIGLIONI, V.B.R.; OLIVEIRA, M.F. de; ARIAS, C.A.A. Análise da capacidade combinatória entre linhagens de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.34, n.6, p.981-988, 1999.

CHANDLER, J.M.; JAN, C.C. Comparison of germinations techniques for wild *Helianthus* seeds. **Crop Science**, Madison, v.25, p.356-358, 1985.

CHIMENTI, C.; BELHASSEN, E.; CANTAGALLO, J.; HALL, A. Variability for osmotic adjustment in 4 interespecific genotypes of genus *Helianthus*. In: CONGRESS ON INTEGRATED STUDIES ON DROUGHT TOLERANCE OF HIGHER PLANTS, 1., 1995, Montpellier. **Proceedings...** Montpellier: INRA, 1995. p.III.

DAVREUX, M.; FERNANDEZ, E.J.; LUDUENA, P.W.; ORLOWSKY, A. Present situation of sunflower breeding in Argentina. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 6., 1974, Bucharest. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1974. p.411-413.

FICK, G.N. Sunflower breeding and genetics. In: Carter, J.F. **Sunflower science and technology**. Madison: ASA, CSSA, and SSSA, 1978. p.279-337.

FONSECA, E.A.; VÁZQUEZ, A. La planta de girasol. In: **Asociacion Argentina de Consorcios Regionales de Experimentacion Agricola**. 1994. Produccion de girasol., 3th ed. Cuaderno de Actualizacion Tecnica, 40. Mariano Mas, Mexico. 1994. p.17-22.

FRIEDT, W. Present state and future prospects of biotechnology in sunflower breeding. **Field Crop Research**, Amsterdam, v.30, p.425-442, 1992.

GUIMARÃES, C.M.; CASTIGLIONI, V.B.R.; BELHASSEN, E.; ANTAL, J.B.; BEVITORI, R. Comparasion of water deficiency effects on inter and intraspecific sunflower genotypes in Brasil. In: CONGRESS ON INTEGRATED STUDIES ON DROUGHT TOLERANCE OF HIGHER PLANTS, 1., 1995, Montpellier. **Proceedings...** Montpellier: INRA, 1995.

GUNDAEV, A .I. Basic principles of sunflower selection. In: Department of the Secretary of State. **Genetic principles of plant selection**. Nauka, [s.e.], 1971. p.417-465. (Transl. Dep. of the Secretary of State, Ottawa, Canadá, 1972).

GUREL, A.; NICTERLEIN, K.; FRIEDT, W. Shoot regeneration from anther culture of sunflower (*Helianthus annuus*) and some interspecific hybrids as affected by genotype and culture procedure. **Plant Breeding**, Berlin, v. 106, p.68-76, 1991.

HEISER, C.B.Jr. Taxonomy of *Helianthus* and origen of domesticated sunflower.

In: Carter, J.F. **Sunflower science and technology**. Madison: ASA-CSSA-SSSA, 1978. p.31-53.

HEISER, C.B.Jr. Cytoplasmic male sterility in sunflower. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 11., 1985, Mar del Plata. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1985. p.547-548.

HEISER, C.B.Jr.; SMITH, D.M.; CLEVINGER, S.B.; MARTIN, W.C.Jr. The North American Sunflowers (*Helianthus*). **Memoirs of the Torrey Botanical Club**, Durham, v.22, p.1-218, 1969.

KNOWLES, P.F. Morphology and anatomy. In: Carter, J.F. **Sunflower science and technology**. Madison: ASA-CSSA-SSSA, 1978. p.55-87.

LECLERCQ, P. Etude de divers cas de stérilité male cytoplasmique chez le tournesol. **Agromonie**, Paris, v.3, p.185-187, 1982.

MARTIN, M.; MOLFETTA, P.; VANNOZZI, G.; ZERBI, G. Mechanisms of drought resistance of *Helianthus annuus* and *H. argophyllus*. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 13., 1992, Pisa. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1992. p.571-586.

MENICHINCHERI, M.; VANNOZZI, G.P.; SÁNCHEZ, D.G. Study of stability parameters for drought resistance in sunflower hybrids derived from interespecific crosses. In: SYMPOSIUM ON DROUGHT TOLERANCE IN SUNFLOWER, 2., 1996, Beijing-Shenyang. **Proceedings...** Beijing-Shenyang: LAAS, 1996. p.72-78.

MEZZAROBBA, A.; JONARD, R. Effects of the stage of isolation and pretreatments on *in vitro* development of cultivated sunflower anthers (*Helianthus annuus* L.). **Comptes Rendus de l'Academie de Sciences** – Series III – Sciences de la Vie, v.303, p.181-186, 1986.

MILLER, J.F. Sunflower. In: FEHR, W.R. **Principles of cultivar development** - crop species. New York: Macmillian Publ. Co., 1987. vol.2, p.626-668.

MILLER, J.F.; FICK, G.N.; ROATH, W.W. Relationships among traits of inbreds and hibrids of sunflower. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 10., 1982, Surfes Paradise. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1982. p.238-240.

MILLER, J.F.; HAMMOND, J.J. Improvement of yield in sunflower utilizing reciprocal full-sib selection. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 11., 1985, Mar del Plata. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1985. p.715-720.

OLIVEIRA, M.F. de; ARIAS, C.A.A.; CASTIGLIONI, V.B.R. Adaptabilidade de populações de girassol para a região de Londrina-PR. In: CONGRESSO NACI-

ONAL DE GENÉTICA, 43., 1997, Goiânia. **Proceedings...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Genética, 1997a. p. 170.

OLIVEIRA, M.F. de; ARIAS, C.A.A.; CASTIGLIONI, V.B.R.; LEITE, R.M.V.B.C. Inbreeding assessment on Brazilian sunflower variety Embrapa 122. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 15., 2000, Toulouse. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 2000. p.E117-E122.

OLIVEIRA, M.F. de; CASTIGLIONI, V.B.R. **Girassol ornamental**. Londrina: Embrapa Soja, 2003. 1 folder.

OLIVEIRA, M.F. de; CASTIGLIONI, V.B.R.; ARIAS, C.A.A.; LEITE, R.M.V.B.C. Avaliação da produção de aquênios oriundos de autofecundação em populações de girassol para uso em programas de melhoramento genético. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 12., 1997, Campinas. **Resumos...** Campinas: ITAL, 1997b. p.67.

PUSTOVOIT, V.S. **Handbook of selection and seed growing of oil plants**. Izdatel'stvo Kolos, Moscow. Trans. Israel Program for Sci. Trans., Jerusalem, 1967. 72p.

ROGERS, C.E.; THOMPSON, T.E.; SEILER, G.J. **Sunflower species of the United States**. Bismarck: National Sunflower Association, 1982. 75p.

SEILER, G.J. Evaluation of seeds of sunflower species for several chemical and morfological characteristics. **Crop Science**, Madison, v.25, p.183-187, 1985.

SEILER, G.J. Utilization of wild sunflower species for the improvement of cultivated sunflower. **Field Crop Research**, Amsterdam, v.30, p.195-230, 1992.

SOLDATOV, K. Chemical mutagenesis for sunflower breeding. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 7., 1976, Krasnodar. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1976, p.57-58.

WHELAN, E.D.P.; DEDIO, W. Registration of sunflower germplasm composite crosses CMG-1, CMG-2 and CMG-3. **Crop Science**, Madison, v.20, p.832, 1980.



Fábio Alvares de Oliveira  
César de Castro  
Julio Cezar Franchini  
Eleno Torres

## Introdução

O manejo do solo é definido como o conjunto de operações necessárias para a exploração agrícola do solo e tem como objetivo propiciar condições favoráveis à semeadura, à emergência uniforme das plântulas e ao desenvolvimento radicular e da parte aérea de todas as espécies que compõem o sistema de produção, incluindo o girassol. Os sistemas de manejo do solo e das culturas afetam a suscetibilidade do solo à erosão e, deste modo, as perdas de solo e nutrientes, principalmente a matéria orgânica do solo (MOS), devido aos seus efeitos sobre a distribuição dos resíduos vegetais no perfil do solo, a dinâmica da água e a variação térmica do solo. A MOS é considerada o parâmetro determinante da produtividade em solos tropicais, devido às suas implicações em características químicas (capacidade de troca de cátions), físicas (estabilidade estrutural e porosidade) e biológicas (biomassa microbiana e diversidade biológica). A permanência dos resíduos vegetais na superfície do solo no sistema de manejo denominado de semeadura direta diminui em 20% a taxa de decomposição dos resíduos vegetais, considerando a média de resíduos como trigo, soja, milho e aveia (Saraiva et al., 2003). Essa maior quantidade de resíduos na superfície determina condições de menor variação térmica e maior disponibilidade de água (Vieira, 1981; Sidiras et al., 1982; Sidiras et al., 1983), que favorecem o desenvolvimento e produtividade das culturas. Na semeadura direta, também se evidencia um aumento da MOS, em relação ao sistema de semeadura convencional (Corazza et al., 1999; Bayer et al., 2000; Sá et al., 2001; Amado et al., 2001), atingindo taxas médias de  $500 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Desta forma, para a sustentabilidade da produção, do ponto de vista econômico, ambiental e social, atenção especial deve ser dispensada ao solo, pois o seu uso inadequado pode inviabilizar a atividade agrícola. Para evitar a degradação ambiental e atingir o desenvolvimento sustentável, é fundamental a adoção

de diversas práticas, dando-se prioridade ao uso dos sistemas de semeadura direta e rotação de culturas, visto que envolvem, simultaneamente, boas práticas conservacionistas. Contudo, em situações especificamente justificadas, poderão ser utilizadas práticas racionais de preparo do solo.

## **Escolha de área**

O girassol é uma cultura que pode ser inserida em sistemas de rotação de culturas e também de integração lavoura-pecuária, apresentando como principal benefício seu grande potencial como planta recicladora de nutrientes, uma vez que apresenta bom desenvolvimento, boa produção de matéria seca tanto da parte aérea quanto do sistema radicular e baixa taxa de exportação de nutrientes. Assim, o girassol pode ser cultivado em solos utilizados para a produção das principais culturas de grãos, em geral mais tolerantes à acidez, apesar de apresentar melhor desenvolvimento em solos bem corrigidos, profundos, férteis, planos e bem drenados, sem limitações ao crescimento radicular.

Na ausência de limitação de ordem física ou química, o sistema radicular do girassol tem potencial para explorar um grande volume de solo, proporcionando maior resistência à seca e ao acamamento, maior absorção de água e nutrientes e, conseqüentemente, maior rendimento. As raízes podem alcançar profundidades maiores que 3,0 m (Aguirrezábal & Andrade, 2002). Esta característica tem grande importância para que a cultura apresente rendimentos favoráveis em situações de estresse hídrico (Unger, 1990).

Apesar do elevado potencial de desenvolvimento radicular, problemas como a compactação e a acidez, principalmente associada à presença de alumínio em níveis tóxicos, podem restringir o volume de solo explorado pelo sistema radicular (Torres & Saraiva, 1999). Assim, a cultura do girassol apresenta as mesmas exigências requeridas por culturas como a soja e o milho, ou seja, faz-se necessária a correção de problemas químicos e de compactação do solo para o rápido e uniforme estabelecimento da população de plantas.

## **Efeito da compactação no desenvolvimento das plantas**

O girassol é uma planta que se caracteriza por possuir sistema radicular profundo, alcançando de 2,0 m (Bremner & Preston, 1990) até 2,7 m de

profundidade (Knowles, 1978). No início do desenvolvimento das plantas, numerosas raízes laterais originam-se da raiz principal, logo abaixo do colo, nos primeiros 10 a 15 cm de profundidade. As raízes laterais espalham-se lateralmente atingindo até 1,5 m comprimento e ocupando os primeiros 30 cm de solo (Knowles, 1978). Isso demonstra que o desenvolvimento do sistema radicular pode atuar como condicionador biológico da estrutura do solo. A taxa de crescimento concentrada e elevada no início do ciclo até os 30 DAE, é mais importante que o crescimento da parte aérea, acumulando de 20 a 30% da biomassa total da planta neste período. Com a evolução no desenvolvimento da parte aérea, a taxa de crescimento reduz para 15% (Merrien, 1992).

Cox & Jolliff (1986), em estudo realizado em condições de campo, observaram que o girassol utilizou principalmente a água armazenada no solo entre 0,9 e 1,8 m de profundidade, que se constitui num grande reservatório de água, reduzindo os efeitos de estresse hídrico, mesmo na fase de maior exigência das plantas, que é o florescimento. O aprofundamento do sistema radicular do girassol é uma característica altamente favorável e contribui para o sucesso da cultura em condições de baixa disponibilidade hídrica (Unger, 1990), como aquelas do cultivo em safrinha no Brasil Central.

Contudo, as raízes do girassol são sensíveis a compactação e ao adensamento do solo (Gonçalves & Souza, 1985), que, associados à presença de formas tóxicas de alumínio, inibem o crescimento radicular, reduzindo o volume de solo explorado. A compactação do solo pode ser entendida, basicamente, como o aumento da densidade do solo e a redução de sua porosidade total. A compactação é o resultado de processos mecânicos, geralmente causado por implementos agrícolas, principalmente quando o manejo do solo é executado em condições de umidade elevada, continuamente na mesma profundidade e/ou quando o tráfego de máquinas agrícolas é intenso.

O solo é constituído por partículas minerais e orgânicas de diferentes granulometrias, organizadas numa estrutura que define a sua porosidade. O espaço poroso é dividido em macroporos responsáveis pela aeração e infiltração de água e microporos, responsáveis pela retenção de água. Com o adensamento do solo, ocorre redução da macroporosidade e comprometimento dos processos de infiltração de água e aeração do solo (Camargo & Alleoni, 1997). Nessa situação, o crescimento das raízes é dificultado pela menor aeração (Kochhann et al., 2000) e maior força para penetração das raízes em espaços menores que o seu diâmetro (Torres & Saraiva, 1999).

A compactação do solo também contribui para a limitação do crescimento radicular através da redução do espaço poroso, aumentando assim a densidade do solo e limitando a aeração (Fageria et al, 1999), a condutividade hidráulica, que afeta a movimentação de água no perfil, aumentando, também, a possibilidade de escoamento superficial de água, resultando em perdas de solo e nutrientes.

## **Rompimento da camada compactada**

A compactação do solo pode ser facilmente constatada em plantas debilitadas, que são facilmente arrancadas do solo e apresentam encurvamento, deformação e crescimento horizontal da raiz pivotante. Com a utilização de pequenas trincheiras, determina-se a profundidade de ocorrência da compactação, analisando-se aspectos morfológicos como a estrutura e a consistência do solo, a distribuição das raízes no perfil ou a verificação da resistência à penetração (Kochhann et al., 2000).

De modo geral, no sistema de semeadura convencional, em função da profundidade de trabalho dos implementos utilizados no manejo do solo, a camada compactada situa-se entre 15 a 25 cm de profundidade. Já no sistema de semeadura direta a camada compactada é mais superficial, localizada entre 8 a 17 cm de profundidade. Assim, para evitar o gasto desnecessário de energia, o rompimento mecânico deve ser feito em profundidade imediatamente abaixo do limite inferior da camada compactada. Podem ser utilizados com eficiência o arado, o subsolador ou o escarificador, desde que respeitada a umidade de trabalho adequada. O uso do arado é indicado apenas quando há necessidade de incorporação de calcário; caso contrário, o uso do escarificador é preferível devido ao menor revolvimento e preservação da cobertura do solo e da MOS.

No caso do uso de arado (discos ou aivecas), a condição de umidade apropriada é aquela em que o solo apresenta-se friável (Torres et al., 1993). Em solos úmidos e muito úmidos, a consistência torna-se plástica e pegajosa, aumentando a sua aderência nos componentes ativos do arado e promovendo deformação e maior compactação do solo. Ao contrário, em solos secos, a penetração torna-se dificultada e o tamanho dos torrões aumenta, dificultando a uniformização da área. Para a utilização do subsolador e do escarificador, no entanto, a condição apropriada é de solo seco, pois quando a umidade é elevada ocorre a deformação do solo e o selamento dos poros, no fundo e nas laterais do sulco, tornando ineficiente a descom-

pactação. O espaçamento entre as hastes do equipamento deve ser regulado para 1,2 a 1,3 vezes a profundidade de trabalho, para garantir o rompimento da camada compactada (Kochhann et al., 2000; Manejo, 2004).

A alternância de implementos de preparo do solo, que trabalham a diferentes profundidades e possuem diferentes mecanismos de corte, além da observância do teor adequado de umidade para a movimentação do solo, são relevantes para minimizar a sua degradação. Na semeadura direta, a compactação do solo pode ser manejada pelo uso de rotação de culturas com sistemas radiculares de diferentes tipos (pivotante ou fasciculado) e agressividade. Sistemas radiculares vigorosos penetram num volume maior de solo e produzem grande quantidade de massa, contribuindo para a redução da pressão de compactação das atividades de manejo subsequentes (Torres & Saraiva, 1999).

## **Preparo do solo**

O preparo do solo é uma operação planejada de acordo com as características de cada solo, com o objetivo de fornecer as condições ideais para a germinação rápida e uniforme das sementes, permitindo às plântulas o melhor aproveitamento de água e nutrientes, reduzindo a competição com as plantas daninhas, além da maior resistência e tolerância aos períodos de seca.

O sistema de preparo da área depende das necessidades de correção de quaisquer impedimentos ao desenvolvimento das raízes ou manutenção de condições adequadas do solo, podendo ser empregado tanto o sistema convencional como o direto.

## **Preparo convencional**

Apesar da semeadura direta ser a prática mais correta de manejo do solo, do ponto de vista conservacionista, é possível o cultivo do girassol pelo sistema de preparo convencional, desde que utilizado racionalmente, devido aos sérios riscos de degradação ambiental pelo processo erosivo possibilitado pela grande movimentação de solo.

O preparo primário do solo envolve a aração e/ou a escarificação, com o objetivo principal de romper a camada compactada, aumentar a aeração e a retenção de água do solo, além de promover o controle das plantas

daninhas e incorporação de restos culturais. Devido aos maiores riscos de compactação, pelo tráfego de máquinas mais intenso, deve-se adotar a rotação de implementos de preparo, o que possibilita diferentes condições e profundidade de trabalho e movimentação de solo. A escarificação, como alternativa de preparo, possibilita a permanência do máximo possível de resíduos culturais na superfície e substitui, com vantagens, a aração e a gradagem aradora, desde que se reduza o número de gradagens niveladoras.

As operações de preparo de solo requerem condições de umidade adequadas para minimizar a formação de camadas de compactação. Quando for utilizado o arado ou a grade, o solo deverá apresentar consistência friável e, portanto, umidade na faixa de 60% a 70% da capacidade de campo, para solos argilosos, e de 60% a 80%, para solos arenosos. Quando for usado o escarificador, a faixa ideal de umidade será de 30% a 40% da capacidade de campo, para solos argilosos (Torres & Saraiva, 1999).

Atenção especial deve ser dada ao preparo profundo do solo, principalmente no caso de solos distróficos e álicos. A movimentação profunda do solo poderá trazer para a superfície camadas não corrigidas, contendo alumínio em níveis tóxicos e com baixa disponibilidade de fósforo, podendo prejudicar o desenvolvimento das plantas. Nesse caso, é necessário conhecer a distribuição dos nutrientes e o pH no perfil do solo, para determinar a necessidade de manejo químico com corretivos de acidez.

O preparo secundário do solo com grade niveladora objetiva a uniformização do terreno e a incorporação de resíduos, possibilitando uma operação de semeadura mais eficiente. Devido aos riscos de compactação, esta operação deve ser limitada ao mínimo de passagens do implemento e realizada próximo da época de semeadura.

## **Semeadura direta**

No passado, o sistema de produção de girassol, a exemplo de outras culturas de grãos, tinha como principal forma de preparo do solo o sistema convencional, com o uso de aração e gradagem, com os objetivos de reduzir as camadas de impedimento e uniformizar o terreno, facilitando a operação de semeadura e possibilitando o melhor desenvolvimento das raízes. Em contrapartida, ocorria a degradação da estrutura do solo, com a formação freqüente de camadas subsuperficiais compactadas, bem como encrostamento superficial e perdas de solo por erosão. Além disso, o número excessivo de operações promovia o atraso na semeadura, prejudi-

cando a cultura, principalmente nas condições de safrinha, em função do regime hídrico coincidindo com o final das chuvas.

Atualmente, novo enfoque é dado ao sistema de cultivo do girassol. A semeadura direta apresenta-se como o sistema ideal de exploração agropecuária por vários aspectos: o número de operações é reduzido, tornando a sucessão de cultivos mais rápida; a mobilização de solo ocorre apenas na linha de semeadura, resultando na manutenção da estrutura do solo e da cobertura com resíduos vegetais, reduzindo as perdas de solo por erosão; aumenta o teor de matéria orgânica do solo, melhorando o potencial produtivo do solo; melhora a conservação da água no solo, aumentando a água disponível as culturas. Assim, é um sistema de produção conservacionista, que se contrapõe ao sistema tradicional de manejo, envolvendo o uso de técnicas específicas, preservando a qualidade ambiental. Contudo, apresenta alguns requisitos relativos aos recursos humanos, técnicos, e de infra-estrutura.

A semeadura direta fundamenta-se, basicamente, na ausência de preparo do solo e na cobertura permanente do terreno através da rotação de culturas (Hernani & Salton, 1998.; Santos & Reis, 2001).

É importante ressaltar que a semeadura direta não deve ser encarada como uma prática possível de ser aplicada em todos os tipos de solos. Solos degradados, compactados, ácidos e infestados de plantas daninhas, devem ser submetidos a práticas corretivas antes da adoção do sistema.

Além da compactação do solo, seja ela natural, pela ausência de revolvimento, ou induzida, pelo uso excessivo de implementos em condições inadequadas de umidade do solo, a acidez subsuperficial com presença de alumínio em níveis tóxicos (Blamey et al., 1987) e a possibilidade de infecção por fungos fitopatogênicos existentes na palhada do cultivo anterior (Leite, 1997), são as principais limitações observadas no sistema de semeadura direta, que podem restringir o desenvolvimento das plantas de girassol.

Assim sendo, a adoção do sistema de semeadura direta requer um planejamento, iniciado por um diagnóstico das áreas de cultivo, e um programa de correção das limitações físicas e químicas existentes. Para tanto, é necessário coletar e organizar informações referentes ao tipo de solo, à presença de camadas de compactação, à fertilidade e acidez em subsuperfície, à distribuição e número de espécies de plantas infestantes, à topografia, à ocorrência de erosão, às práticas conservacionistas existentes, à drenagem, aos córregos, aos açudes, entre outras.

No caso de solos compactados, o rompimento dessa camada pode ser efetuado, com eficiência, através do preparo convencional, com aração a maior profundidade, subsolagem, escarificação ou outro manejo mais adequado ao tipo de solo e a disponibilidade de implemento, devendo ser realizado até a profundidade imediatamente abaixo da camada de impedimento (Torres & Saraiva, 1999), no cultivo que antecede a semeadura do girassol. Nesse momento, também deve ser feito, caso necessário, a correção da acidez. A partir desse momento, a semeadura direta deve ser o manejo padrão do solo.

O girassol normalmente aproveita o manejo já adotado, uma vez que deve estar necessariamente integrado num sistema de rotação de culturas, podendo ser cultivado numa área máxima correspondente a 25% da área total da propriedade, por questões fitossanitárias (Seção 14 - Semeadura e Manejo da Cultura do Girassol).

O levantamento e o mapeamento da ocorrência de plantas infestantes é muito útil para definir o manejo adequado, principalmente pela sensibilidade do girassol a alguns herbicidas aplicados na cultura anterior ou a falta de registro de produtos para o girassol, impedindo a utilização de muitos princípios ativos de uso correntes em outras culturas e, também, no girassol em outros países (Seção 15 - Manejo de plantas daninhas no girassol).

Para o planejamento adequado, faz-se necessária a divisão da propriedade em talhões com características homogêneas, segundo a declividade, o tipo de solo, fertilidade, histórico de manejo químico e os cultivos anteriores. As atividades na propriedade são estabelecidas a partir de um cronograma organizado para cada talhão, desde as ações para a correção da acidez e fertilidade, descompactação, manejo de coberturas vegetais e controle fitossanitário, para posterior semeadura do girassol.

## **Culturas de cobertura**

A semeadura direta pressupõe a cobertura permanente do solo que, preferencialmente, deve ser de culturas comerciais como o milho, o sorgo, o girassol ou a soja, em sistemas de rotação com adubos verdes ou culturas de cobertura do solo. As espécies para adubação verde ou cobertura do solo devem apresentar adaptação regional, além das seguintes características: produção de grande quantidade de massa seca, possuir elevada taxa de crescimento, não infestar áreas, não servir como fonte de inóculo de

doenças, ser de fácil manejo, apresentar sistema radicular agressivo e profundo, ter elevada capacidade de ciclagem de nutrientes, ser de fácil produção de sementes, entre outras (Heckler & Hernani, 1998).

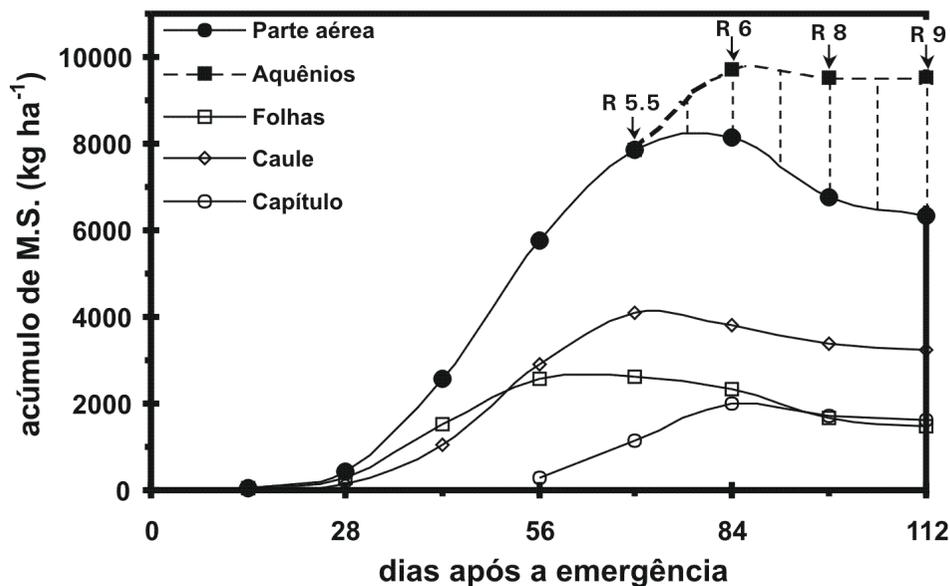
A escolha das culturas para compor um programa de rotação deve levar em conta vários fatores, mas deve identificar corretamente os objetivos principais do sistema de produção. Assim, para a cobertura do solo e/ou suprimento inicial de palha, a opção deve ser por espécies que produzam quantidades elevadas de massa seca com relação carbono/nitrogênio (C/N) elevada. Por outro lado, se o objetivo principal é a ciclagem de nutrientes, as culturas escolhidas devem apresentar uma relação C/N mais baixa, favorecendo o processo de decomposição e mineralização da matéria orgânica.

Em condições de cerrado, com dificuldade de formação de palhada, o milheto destaca-se como uma das principais plantas de cobertura, devido ao seu rápido desenvolvimento vegetativo, pois atinge 5 a 8 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca aos 45 a 60 dias após a semeadura, proporcionando excelente cobertura do solo quando cultivado no início das chuvas (Manejo, 2004). O milheto também pode ser produzido logo após a colheita da soja, podendo, neste caso, aumentar a cobertura do solo. Por outro lado, nesta condição, pode inviabilizar a semeadura da safrinha de girassol para produção de grãos.

O girassol também pode ser utilizado como planta de cobertura (Carvalho & Sodrê Filho, 2000) e adubação verde nos sistemas de rotação de culturas (Carvalho et al., 1999), devido a boa produção de matéria seca tanto da parte aérea quanto do sistema radicular e a maior resistência natural a condições de estresse hídrico. Nesse aspecto, o girassol é reconhecido por muitos agricultores e pela pesquisa como uma cultura melhoradora das condições físicas (Rotação, 2004), e também da capacidade produtiva do solo, porque promove a ciclagem de nutrientes.

De acordo com as quantidades de matéria seca produzidas, o girassol é considerado como cultura de média produção (Amado et al., 2002), com a vantagem de apresentar um crescimento rápido. Aos setenta DAE, no início do enchimento de aquênios, a quantidade de matéria seca representa 80% do total de acúmulo potencial, que é alcançado por volta dos 84 DAE, durante a segunda fase do enchimento de aquênios (Fig. 1).

Em condições de elevada disponibilidade hídrica e de fertilidade, a produção de matéria seca pelo girassol pode ser bastante elevada, superando 14 t ha<sup>-1</sup> (Cox & Jolliff, 1986; Guirado et al., 2003). Nos cultivos em safrinha, a produção de matéria seca pode variar, entre genótipos, de 4 a 8 t ha<sup>-1</sup> (Ungaro et al., 2000b). Contudo, considerando-se somente a produção de



**Fig. 1.** Produção de matéria seca durante o desenvolvimento do híbrido de girassol Helio 251.

Fonte: Castro & Oliveira (2005, dados não publicados).

resíduos (folhas, caules e capítulos) nos cultivos de alta produtividade no verão no Paraná, a produção pode atingir 6,3 a 8,0 t ha<sup>-1</sup>. Mesmo com uma produção de palha elevada, o índice de colheita médio do girassol é relativamente baixo, variando em torno de 0,30 (Cox & Jolliff, 1986 e Barni et al., 1995) a valores menores que 0,20, em situações de deficiência hídrica (Ungaro et al., 2000 b), contribuindo para uma pequena taxa de exportação de nutrientes.

### Manejo das plantas de cobertura

O manejo das plantas de cobertura e adubação verde deve ser realizado de modo a não dificultar a semeadura do girassol, que é uma operação delicada no pacote tecnológico da cultura. O manejo pode utilizar-se do controle mecânico com o uso de roçadeira, da segadora, do tarup, do rolo-faca ou do controle químico com herbicidas, durante a fase de florescimento. Embora o rolo-faca seja indicado, deve-se ter em mente que é um implemento que pode causar compactação, devendo ser utilizado somente quando a umidade do solo for baixa.

Em função das características climáticas de cada região, principalmente pelo déficit hídrico em condições de safrinha, o cultivo do girassol poderá ser uma atividade de risco. Assim, a opção pelo cultivo do girassol ou de espécies de cobertura para a proteção do solo também deve ser baseada na identificação do risco agroclimático para o girassol, característico para cada região e época de semeadura.

Por adaptar-se às condições de baixa pluviosidade do período de safrinha na região dos Cerrados, o girassol pode produzir quantidades de massa superiores às leguminosas utilizadas como adubos verdes (Sodré Filho et al., 2004), e com maiores teores de lignina e celulose, conferindo maior resistência à decomposição (Carvalho & Sodré Filho, 2000). Porém, a produção de massa não se traduz em cobertura do solo eficiente para reduzir os efeitos da temperatura, aumentar a infiltração de água e reduzir a suscetibilidade à erosão, pois os resíduos que apresentam decomposição mais lenta são constituídos predominantemente por hastes ou caules (Sodré Filho et al., 2004). A taxa de cobertura do solo pelo girassol é baixa porque os caules, que concentram 51% dos resíduos vegetais das plantas, permanecem semi-erectos após a colheita. No entanto, com o manejo adequado da colheita e, em alguns casos de pós-colheita, a fragmentação dos resíduos vegetais pode resultar em uma cobertura do solo eficiente (Fig. 2).



**Fig. 2.** Cobertura do solo pela palhada do girassol com colhedora regulada para a maior fragmentação dos resíduos.

As formas de manejo que fragmentam mais intensamente os resíduos vegetais produzidos e proporcionam maior contato com o solo resultam na decomposição mais rápida da palha. Nesse caso, a cobertura do solo será menos duradoura, porém a disponibilização dos nutrientes reciclados será antecipada, favorecendo imediatamente a próxima cultura. A escolha das espécies para compor um programa de rotação de culturas deve levar em conta que a cobertura do solo e/ou suprimento inicial de palha exigem espécies e cultivares que produzem quantidades elevadas de massa seca de relação C/N elevada e que permitem manejo que retarde a decomposição, aumentando a formação de palhada.

No florescimento, o girassol apresenta o maior acúmulo de nutrientes, com destaque para o potássio (Tabela 1), enquanto a produção de matéria seca atinge 80% da produção máxima, em torno de  $7,9 \text{ t ha}^{-1}$ , observados em cultivo no Paraná (Fig. 1). A ciclagem de nutrientes pelo girassol melhora a fertilidade da camada superficial do solo, uma vez que grande parte dos nutrientes são absorvidos numa profundidade superior à alcançada pela maioria das culturas. A ciclagem de nutrientes pelo girassol promove aumento da disponibilidade de fósforo na camada superficial e dos teores de potássio em todo o perfil do solo, beneficiando o desenvolvimento do milho e da soja cultivados em sucessão (Ungaro et al., 2000a). Também, em áreas de reforma de canavial, o cultivo do girassol tem possibilitado elevar as produtividades da cana-de-açúcar (Guirado et al., 2003).

A relação C/N média do girassol aumenta com o ciclo de desenvolvimento de 21 para 39 (Tabela 2), valores esses considerados relativamente baixos. No entanto, a análise da taxa de decomposição ou de manutenção da cobertura vegetal pela palhada deve considerar a variação existente entre as partes componentes da planta. A ciclagem de nutrientes, que beneficia as culturas em sucessão, deve-se às taxas de decomposição elevadas de alguns componentes da planta, como as folhas e os capítulos, que apresentam relação C/N reduzida. Na fase R 9, estes resíduos representam, respectivamente, 23% e 26% do total de matéria seca produzida que é rapidamente decomposta. Por outro lado, o caule que pode representar até 51% da massa total, apresenta relação C/N média ao final do ciclo de 82 e, portanto, uma decomposição mais lenta, contribuindo para a cobertura do solo por maior período de tempo. Assim, o girassol apresenta duas características interessantes para o cultivo em sistemas de rotação em semeadura direta, que são a formação de palhada e o favorecimento das culturas em sucessão pela rápida disponibilização de nutrientes.

Na integração dos sistemas de rotação de culturas em semeadura direta, o girassol também pode se beneficiar das culturas principais. Quando culti-

**Tabela 1.** Quantidades de nutrientes acumuladas na parte aérea do girassol Helio 251, no período de florescimento - fase de desenvolvimento R 5.5, para uma produção de 7,9 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca.

Partes da planta	kg ha <sup>-1</sup>					g ha <sup>-1</sup>						
	C	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Folha	680	73	10	141	72	7	3	190	90	398	1117	202
Caulé	1277	15	7	244	36	3	8	130	42	235	295	212
Capítulo	358	21	6	42	17	5	3	96	34	96	132	72
Resíduos <sup>1</sup>	2315	109	23	427	125	35	24	416	166	729	1544	486

<sup>1</sup>Quantidades de nutrientes acumuladas nas folhas, caules e capítulos.  
Fonte: Castro & Oliveira (2005, dados não publicados).

**Tabela 2.** Relação C/N dos componentes dos resíduos culturais do girassol Helio 251, em quatro fases de desenvolvimento.

Partes da planta	Relação C/N			
	Fase R 5.5	Fase R 7	Fase R 8	Fase R 9
Folha	9,3	10,8	12,5	21,7
Caulé	83,3	77,5	81,9	82,4
Capítulo	16,9	29,0	29,0	26,6
Resíduos <sup>1</sup>	21,1	25,4	29,7	38,6

<sup>1</sup>Relação das quantidades totais de carbono e de nitrogênio acumuladas nas folhas, caules e capítulos.

Fonte: Castro & Oliveira (2005, dados não publicados).

vado em sucessão à soja, existe a possibilidade de aproveitamento do nitrogênio fixado que é retornado ao solo e também da adubação residual aplicada na soja, reduzindo os custos da cultura, assim como ocorre com o trigo (Lantmann et al., 1985).

Quando o girassol sucede ao milho, o benefício está relacionado com a proteção e cobertura do solo pelos resíduos da gramínea, reduzindo a perda de água por evaporação. Contudo, a operação de semeadura pode ser menos uniforme, pela presença dos colmos que podem promover embuchamento ou simplesmente dificultar a ação dos discos de corte. Assim, a utilização da soja, do milho e de culturas de cobertura na composição de um sistema de rotação com o girassol combina as vantagens e minimiza as desvantagens de cada cultura tornando, o sistema mais apropriado.

## **Considerações finais**

A compactação do solo e a presença de níveis tóxicos de alumínio em subsuperfície são os grandes problemas para o desenvolvimento do sistema radicular das culturas, em especial do girassol, reduzindo o volume de solo explorado, afetando a disponibilidade de água e nutrientes e, conseqüentemente, seu potencial produtivo.

O manejo adequado do solo permite o melhor desenvolvimento do sistema radicular da cultura, permitindo a absorção de água e nutrientes em camadas de solo não exploradas por outras culturas, estabelecendo um importante papel da cultura na ciclagem de nutrientes, em sistemas de rotação de culturas.

O girassol é uma cultura com características de múltipla aptidão, podendo ser utilizada para a produção de grãos e óleo, como planta de cobertura e adubação verde e como opção nos sistemas de rotação de culturas para a promoção da ciclagem de nutrientes, aumentando a eficiência no uso de insumos e beneficiando as culturas em sucessão.

## **Referências**

AGUIRREZÁBAL, L.A.N.; ANDRADE, F.H. Ecofisiologia. In: DÍAZ-ZORITA, M.; DUARTE, G.A. (Ed.). **Manual práctico para el cultivo de girasol**. Buenos Aires: Hemisferio Sur, 2002, p.27-50.

AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F.; BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo na semeadura direta e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.25, p.189-197, 2001.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendações de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema de semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.26, p.241-248, 2002.

BARNI, N.A.; BERLATO, M.A.; BERGAMASCHI, H.; RIBOLDI, J. Rendimento máximo do girassol com base na radiação solar e temperatura: II. produção de fitomassa e rendimento de grãos. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.1, n.2, p.201-216, 1995.

BAYER, C.; MIELNICZUCK, J.; AMADO, T.J.C.; MARTIN-NETO, L.; FERNANDES, S.V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.54, p.101-109, 2000.

BLAMEY, F.P.C.; EDWARDS, D.G.; ASHER, C.J. **Nutritional disorders of sunflower**. Queensland: University of Queensland, Department of Agriculture, 1987. 72p.

BREMNER, P.M.; PRESTON, G.K. A field comparison of sunflower (*Helianthus annuus*) and sorghum (*Sorghum bicolor*) in a long drying cycle. II Plant water relations, growth and yield. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v.41, p.463-478, 1990.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: 1997. 132p.

CARVALHO, A.M. de; SODRÉ FILHO, J. **Uso de adubos verdes como cobertura do solo**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2000. 20p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 11).

CARVALHO, A.M. de; CARNEIRO, R.G.; AMABILE, R.F.; SPERA, S.T.; DAMASO, F.H.M. **Adubos verdes**: efeitos no rendimento e no nitrogênio do milho em plantio direto e convencional. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 20p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 7).

CORAZZA, E.J.; SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.23, p.425-432, 1999.

COX, W.J.; JOLLIFF, G.D. Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficits. **Agronomy Journal**, Madison, v.78, p.226-230, 1986.

FAGERIA, N.K.; STONE L.F.; SANTO, A.B. **Maximização da eficiência de produção das culturas**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia: Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 294p.

GONÇALVES, J.L.C.; SOUZA, J.F. Adubação e correção do solo. In: **Girassol**: indicações para o cultivo no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, 1985. 49p.

GUIRADO, N.; AMBROSANO, E.J.; ROSSETTO, R.; CANTARELLA, H.; MENDES, P.C.D.; ROSSI, F.; MARTINELLI, F.; LANZONI, A.C.; AMBROSANO, G.M.B.; SAKAI, R.H.; SILVA, P.H.; BRÉFERE, F.A.T.; GODOY, A.P.; BELIZÁRIO, A. Aumento da produtividade da cana-de-açúcar cultivada em sistema de rotação com leguminosas em Piracicaba, São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Solo**: alicerce dos sistemas de produção. Ribeirão Preto: SBCS; UNESP, 2003. 1 CD-ROM.

HECKLER, J.C.; HERNANI, L.C. Palha. In: SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; FONTES, C.Z. (Org.). **Sistema plantio direto**. O produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: Embrapa SPI: Dourados: Embrapa CPAO, 1998. p.37-49.

HERNANI, L.C.; SALTON, J.C. Conceitos. In: SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; FONTES, C.Z. (Org.). **Sistema plantio direto**. O produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: Embrapa SPI: Dourados: Embrapa CPAO, 1998. p. 15-20.

KNOWLES, P.E. Morphology and anatomy. In: CARTER, J. F. (Ed.). **Sunflower science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 1978. p.55-88.

KOCHHANN, R.A.; DENARDIN, J.E.; BERTON, A.L. **Compactação e descompactação de solos**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 20p. (Embrapa Trigo. Documentos, 19).

LANTMANN, A.F.; SFREDO, G.J.; CAMPO, R.J.; BORKERT, C.M. Efeitos residuais da adubação aplicada para a soja na produção do girassol. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Resultados de pesquisa de girassol 1985**. Londrina, 1985. p.41-42. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 16).

LEITE, R.M.V.B.C. **Doenças do girassol**. Londrina: EMBRAPA – CNPSO, 1997. p.61. (EMBRAPA – CNPSO. Curricular Técnica, 19).

MANEJO do solo. In: **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil 2005**. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste: Fundação Meridional: 2004. 41 – 55p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 6).

MERRIEN, A. **Physiologie du tournesol**. Paris: Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropoliains, 1992. 65p.

ROTAÇÃO de cultura. In: **Tecnologias de Produção de soja** – região central do Brasil 2005. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste: Fundação Meridional: 2004. 36-39p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 6).

SÁ, J.C.M.; CERRI, C.C.; DICK, A.; LAL, R.; VENSKE-FILHO, S.P.; PICCOLO, M.C.; FEIGL, B.E. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.65, p.1486-1499, 2001.

SANTOS, H.P.; REIS, H.M. **Rotação de culturas em plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 212p.

SARAIVA, O.F.; TORRES, E.; LONI, D.A.; PIRES, M.S. 2003. Manejo dos resíduos da colheita condicionado por sistemas de preparo do solo. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; SARAIVA, O. F. (Org.). **Resultados de pesquisa da embrapa soja, 2002**: manejo do solo, plantas daninhas e agricultura de precisão. Londrina: Embrapa Soja, 2003. p.29-37. (Embrapa Soja. Documentos, 214).

SIDIRAS, N.; DERPSCH, R.; MONDARDO, A. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento da soja, em latossolo roxo distrófico (Oxisol). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.7, p.103-106, 1983.

SIDIRAS, N.; HENKLAIN, J.C.; DERPSCH, R. Comparison of three different tillage systems with respect to aggregate stability, the soil and water conservation and the yields of soybean and wheat on an oxisol. **Journal of Agronomy and Crop Science**. Berlin, v.151, p.137-148, 1982.

SODRÉ FILHO, J.; CARDOSO, A.N.; CARMONA, R.; CARVALHO, A.M.de. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na região do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.39, n.4, p.327-334, abr. 2004.

TORRES, E.; SARAIVA, O.F. **Camadas de impedimentos mecânico do solo em sistemas agrícolas com a soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 58p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 23).

TORRES, E.; SARAIVA, O.F.; GALERANI, P.R. **Manejo do solo para a cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1993. 71p. (EMBRAPA-CNPSO. Circular Técnica, 12).

UNGARO, M.R.G.; DECHEN, S.C.F.; QUAGGIO, J.A.; NNABUDE.; GALLO, P.B. Effects of crop rotation on soil chemical conditions and sunflower, soybean and maize production. **Helia**, Novi Sad, v.32, p.1-18, 2000a.

UNGARO, M.R.G.; NOGUEIRA, S.S.S.; NAGAI, V. Parâmetros fisiológicos, produção de aquênios e fitomassa de girassol em diferentes épocas de cultivo. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.2, p.205-211, 2000b.

UNGER, P.W. Sunflower. In: STEWART, B.A.; NIELSEN, D.R. (Ed.) **Irrigation of agricultural crops**, Madison: American Society of Agronomy, 1990. p.775-794, (Agronomy, 30).

VIEIRA, M.J. Propriedades físicas do solo. In: Fundação Instituto Agronômico do Paraná, (Ed.). **Plantio direto no Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1981. p.19-32.

**Introdução**

O girassol é uma cultura que se adapta a diferentes condições edafoclimáticas, apresentando desenvolvimento adequado desde o Estado do Rio Grande do Sul até o Cerrado do Estado de Roraima. Pode ser cultivado como primeira cultura, aproveitando o início das chuvas (inverno - primavera), beneficiando-se da característica de tolerância a baixas temperaturas no início do ciclo ou, como segunda cultura (verão - outono), pelos mecanismos de tolerância ao déficit hídrico. Na verdade, a época de semeadura será, basicamente, determinada pela disponibilidade hídrica e pela temperatura do solo, característica de cada região (Seção 14 - Semeadura e Manejo da Cultura do Girassol). Apesar de ser uma cultura de verão, o girassol vem se consolidando como uma alternativa viável para os cultivos em sucessão às principais culturas, principalmente, milho e soja.

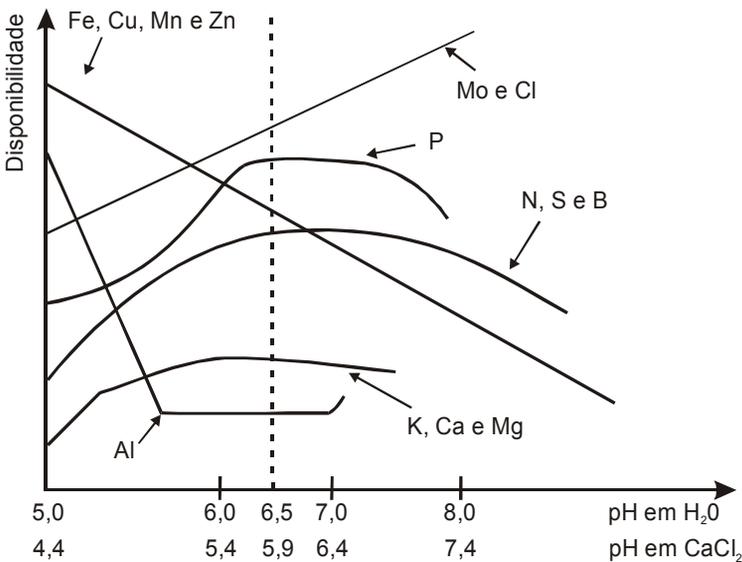
De maneira geral, as condições de fertilidade do solo adequadas ao girassol não diferem das exigidas pelas culturas como a soja ou o milho havendo, no entanto, uma maior necessidade de avaliação e controle da compactação do solo e da acidez subsuperficial que podem limitar o desenvolvimento radicular, intensificando os problemas nutricionais associados ao déficit hídrico e reduzindo o potencial produtivo da cultura.

O girassol apresenta-se como uma cultura melhoradora da fertilidade do solo por apresentar uma elevada capacidade de ciclagem de nutrientes absorvidos em profundidade e uma reduzida taxa de exportação de nutrientes. No entanto, devido às restrições fitossanitárias, é recomendável a rotação de áreas de cultivo de girassol, com a introdução da cultura a cada quatro anos numa mesma área.

### Correção da acidez

Atualmente, a principal região produtora de girassol no Brasil é a dos Cerrados, caracterizada por solos muito intemperizados, geralmente ácidos, pobres em nutrientes e muitas vezes com elevadas saturações de alumínio trocável, ressaltando a necessidade de utilização de um programa para a correção e aumento da fertilidade adequado às culturas envolvidas no sistema de produção.

As concentrações de nutrientes e de alumínio em formas disponíveis às plantas são influenciadas pela acidez do solo (Fig. 1), uma vez que a solubilidade dos compostos minerais e a capacidade de troca de cátions do solo (CTC) estão diretamente relacionadas à atividade dos íons de hidrogênio na solução do solo. Em solos ácidos, a limitação ao desenvolvimento das plantas decorre, principalmente, dos efeitos indiretos do pH, como o aumento da disponibilidade de alumínio e de manganês a níveis tóxicos ou a indução de deficiências de Ca, Mg, P ou Mo, que prevalecem sobre os efeitos diretos do H<sup>+</sup> (Marschner, 1995).



**Fig. 1.** Relação entre pH e a disponibilidade dos elementos no solo.

Fonte: adaptado de Malavolta (1980).

O girassol é uma das plantas mais tolerantes ao excesso de manganês, apresentando redução significativa de crescimento somente quando a dis-

ponibilidade do nutriente trocável no solo supera  $5.300 \text{ mg kg}^{-1}$  (Blamey et al., 1997). Contudo, o girassol é uma planta muito sensível à acidez do solo, não tolerando níveis de saturação por alumínio trocável superiores a 5% (Blamey et al., 1987), diferente da soja e do milho que apresentam desenvolvimento adequado mesmo sob 20% de saturação por alumínio (Alvarez V. & Ribeiro, 1999). Nestas condições, geralmente verificadas em solos com pH ( $\text{CaCl}_2$ ) abaixo de 5,2, o desenvolvimento é drasticamente afetado pelas alterações promovidas no sistema radicular, que apresenta raízes curtas, grossas e bronzeadas (Fig. 2). Com a diminuição do volume de solo explorado, as plantas tornam-se mais sensíveis ao déficit hídrico e ao acamamento, reduzem a absorção de nutrientes, limitando severamente os efeitos da adubação e aumentando a incidência de doenças. Dessa forma, o cultivo do girassol deve ser realizado em solos sem a presença de alumínio.

A prática da correção da acidez dos solos promove a diminuição dos teores disponíveis de alumínio, ferro, manganês, zinco e cobre mas, por outro lado, aumenta a disponibilidade da maioria dos nutrientes, de maneira que os valores de pH dentro de uma faixa de ligeira acidez determinam o ambiente nutricionalmente mais equilibrado. Esta faixa, em geral, varia de pH ( $\text{CaCl}_2$ ) 5,2 a 6,5, dependendo do material de origem e do estado de intemperização do solo.

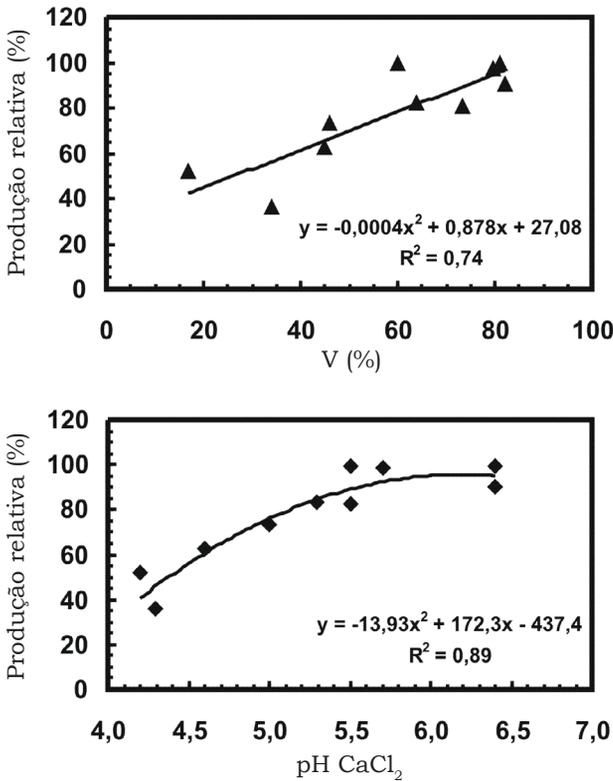


**Fig. 2.** Raiz curta e grossa de girassol, em função da toxicidade crescente de alumínio em solução, em comparação com raiz desenvolvida em solução sem alumínio (primeira à esquerda).

A necessidade de utilização de corretivos de acidez do solo é determinada com base na análise química das camadas superficiais (0 – 20 cm) e subsuperficiais (20 – 40 cm) dos solos. O calcário e o gesso agrícola são os materiais mais utilizados para corrigir, respectivamente, a acidez superficial e a toxidez de Al e a deficiência de Ca subsuperficial.

### Correção da acidez superficial

A calagem tem por objetivos reduzir a acidez do solo e, assim, a disponibilidade do alumínio e do manganês a níveis não tóxicos às plantas, e melhorar a condição geral de fertilidade dos solos, pelo fornecimento de cálcio e magnésio e elevação da capacidade de troca de cátions. A resposta do girassol à calagem é elevada (Fig. 3), podendo apresentar as



**Fig. 3.** Produção relativa do girassol em função da disponibilidade de nutrientes e da acidez do solo.

Fonte: Quaggio et al. (1985).

maiores produtividades em solos com pH ( $\text{CaCl}_2$ ) variando de 5,5 a 6,5 e saturação por bases ao redor de 75% (Quaggio et al., 1985). No entanto, a recomendação da aplicação de calcário deve ser baseada em critérios que atendam as necessidades e as limitações das demais culturas envolvidas no sistema de rotação e sucessão adotado na propriedade agrícola, uma vez que essa prática apresenta um efeito residual de dois a cinco anos. Como as culturas de milho e soja são mais tolerantes à acidez, as quantidades aplicadas poderão ser menores que a recomendada para o girassol (Blamey et al., 1997). Assim, com a presença do girassol no sistema de produção, deve-se promover o monitoramento da acidez do solo e aumentar, caso necessário, a frequência da calagem, uma vez que o limite inferior da faixa de pH adequado é mais elevado, devido à sua maior sensibilidade ao alumínio.

A quantidade de calcário recomendada pode ser determinada por duas metodologias devendo ser empregada aquela mais adaptada em cada região. No método da neutralização da acidez trocável e da elevação dos teores de cálcio e magnésio trocáveis (Alvarez V. & Ribeiro, 1999) recomendado para Minas Gerais, são considerados o poder tampão do solo, em função da textura (Y), a tolerância máxima de 5% de saturação por alumínio (m%) e uma exigência mínima de  $3,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  para a cultura do girassol.

$$\text{NC (t ha}^{-1}\text{)} = \{Y [\text{Al}^{3+} - (5 \times \frac{t}{100})] + [3 - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})]\} \times f$$

onde:

t = capacidade de troca de cátions efetiva do solo, em  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;

Y =  $0,0302 + 0,06532r - 0,000257r^2$ ;

r = teor de argila do solo, em %;

f = fator de correção do PRNT do calcário  $f = 100/\text{PRNT}$ .

O método da saturação por bases (V%) baseia-se na relação existente entre o pH e a V%, que indica a disponibilidade média de nutrientes no solo. Para esta recomendação, são considerados o poder tampão do solo, estimado pela CTC, o estado de fertilidade atual e a exigência nutricional da cultura, definidos pela saturação por bases.

$$\text{NC (t ha}^{-1}\text{)} = \frac{(V_2 - V_1) \times \text{CTC}}{\text{PRNT}}$$

onde:

$V_1$  = valor da saturação por bases trocáveis do solo, em porcentagem, antes da correção. ( $V_1 = 100 S/CTC$ ) sendo:

$S = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+$  ( $cmol_c dm^{-3}$ );

$V_2$  = valor da saturação por bases trocáveis, adequada ao girassol;

$CTC$  = capacidade de troca de cátions,  $CTC = S + [H+Al^{3+}]$  ( $cmol_c dm^{-3}$ );

O valor adequado da saturação por bases é variável para cada estado ou região, de acordo com as características dos solos predominantes, e equivale aos valores indicados para as principais culturas de verão, soja e milho. Para o Estado do Paraná, utiliza-se  $V_2$  igual a 70%, para os Estados de São Paulo e do Mato Grosso do Sul, o valor é de 60%. Nos demais Estados da Região Central, formados basicamente por solos sob vegetação de Cerrados e ricos em óxidos de Fe e de Al, o valor adequado de saturação é de 50%. Esta diferenciação está diretamente relacionada à limitação da produtividade da cultura por deficiências dos micronutrientes Zn, Cu e Fe e, principalmente, Mn, induzida por excesso de calcário, e muito comum nos solos de Cerrados com pH ( $H_2O$ ) superiores a 6,3 (Sousa & Lobato, 2002).

Os métodos de recomendação de calcário consideram uma profundidade de incorporação de 0 - 20 cm. Quando a profundidade de incorporação do calcário for superior a este valor deve-se corrigir a quantidade proporcionalmente ao volume de solo. No entanto, quando o sistema de produção for a semeadura direta e a aplicação de calcário superficial, deve-se proceder a amostragem de solo em duas camadas (0 - 10 cm e 10 - 20 cm) e, a partir da média dos valores obtidos para as duas profundidades, aplica-se uma quantidade equivalente a 1/3 da dose recomendada.

Para que a calagem atinja os objetivos de neutralização do alumínio trocável e da elevação da disponibilidade de nutrientes (V%), algumas condições básicas devem ser observadas:

- ♦ todo o calcário deve passar em peneira com malha de 2 mm;
- ♦ dê preferência ao calcário dolomítico (>12% MgO) ou magnesiano (entre 5% e 12% MgO), em solos com disponibilidade de Mg menor que 0,8  $cmol_c dm^{-3}$  e/ou relação elevada de Ca/Mg (>3/1), para evitar que ocorra um desequilíbrio entre os nutrientes.
- ♦ a distribuição desuniforme e/ou a incorporação muito rasa do calcário pode causar ou agravar a deficiência de manganês, resultando em queda de produtividade.

## **Correção da acidez subsuperficial**

Os solos do Brasil Central podem apresentar problemas de acidez subsuperficial, uma vez que nem sempre é viável a incorporação profunda do calcário. Essa condição limita o desenvolvimento do sistema radicular do girassol em profundidade, que é uma característica determinante para aumentar a tolerância à seca e para a promoção da ciclagem de nutrientes, impedindo também que a cultura expresse seu potencial produtivo, principalmente nas regiões onde os solos apresentam menor capacidade de retenção de água e é mais freqüente a ocorrência de veranicos.

A aplicação de gesso agrícola em solos com acidez superficial corrigida atenua o problema de acidez subsuperficial, muito embora o gesso não seja um corretivo de acidez. O gesso apresenta solubilidade superior à do calcário e, na presença de umidade no solo, ocorre a sua dissolução, liberando  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  na solução, que se deslocam para a subsuperfície juntamente com a fase líquida, pelo processo de lixiviação. Neste ambiente, com teores elevados de alumínio em solução, o aumento da concentração do ânion sulfato pode determinar a complexação do alumínio, formando pares iônicos não absorvíveis pelas plantas (Pavan et al., 1982), diminuindo a toxidez por alumínio, aumentando a disponibilidade de cálcio e de enxofre, e resultando num ambiente menos limitante para o desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

O gesso deve ser utilizado em áreas onde a análise de solo, na profundidade de 20 cm a 40 cm, indicar a saturação por alumínio maior que 10% ou quando o nível de cálcio for inferior a  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Para evitar a lixiviação de K e de Mg por excesso de aplicação, a recomendação de gesso agrícola deve considerar a classificação textural do solo, aplicando-se a lanço, 700, 1.200, 2.200 e 3.200  $\text{kg ha}^{-1}$  para solos de textura arenosa, média, argilosa e muito argilosa, respectivamente.

## **Exigências minerais e adubação para a cultura do girassol**

### **Exigências minerais**

Do total de matéria seca acumulada pelos vegetais, aproximadamente 90% correspondem ao acúmulo dos nutrientes carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O), provenientes do gás carbônico e da água absorvidos e incor-

porados durante o processo fotossintético (Malavolta, 1980). Os nutrientes minerais, absorvidos pelo sistema radicular diretamente da solução do solo, limitam-se a concentrações que variam de 0,1 mg a 6 g por quilo de matéria seca. Dentre esses, apenas 14 são considerados essenciais (Malavolta et al., 1997), dividindo-se, conforme as quantidades exigidas pelas plantas em macronutrientes, nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e micronutrientes, boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e zinco (Zn).

A absorção dos nutrientes, de modo geral, é influenciada por diversos fatores, entre eles a capacidade de exploração do sistema radicular, as condições climáticas, as propriedades dos solos, a disponibilidade de água e nutrientes no solo e o manejo cultural. A exigência nutricional é variável com ciclo de desenvolvimento do girassol mas, de maneira geral, tanto para macro quanto para micronutrientes, acompanha a taxa de acumulação de matéria seca durante o estágio vegetativo até o final da floração (Gachon, 1972; Sfredo, 1983).

No início do desenvolvimento vegetativo, até os 30 dias após a emergência (DAE), o girassol apresenta pequena absorção de nutrientes (Unger, 1990). O maior desenvolvimento das plantas ocorre a partir desse momento até o florescimento pleno, fase R 5.5, e é acompanhado do aumento da absorção de nutrientes (Tabela 1) e de água. Este período desempenha importância substancial na definição do potencial produtivo das plantas (Hooking & Steer, 1983). A primeira fase, dos 28 aos 56 DAE, apresenta um rápido

**Tabela 1.** Taxa de absorção de nutrientes da parte aérea (folha, pecíolo, caule, capítulo e aquênio) do girassol (Híbrido Helio 251), durante o ciclo de desenvolvimento.

Dias após a emergência	kg ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup>						g ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup>				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
0 – 14	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	1,3	0,6	0,2
14 – 28	1,0	0,1	2,3	0,6	0,2	0,1	1,2	0,8	8,9	7,3	2,5
28 – 42	3,6	0,7	13,9	3,1	1,0	0,7	11,6	6,0	21,3	38,8	16,7
42 – 56	2,3	0,6	11,8	3,9	1,2	0,8	14,0	4,7	16,8	28,6	14,0
56 – 70	1,0	0,2	2,5	1,4	0,1	0,1	2,9	0,3	4,0	35,0	1,4
70 – 84	1,5	–	1,6	–	–	–	3,4	–	5,4	6,3	–
84 – 98	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
98 – 112	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Fonte: Castro & Oliveira (2005, dados não publicados).

aumento na exigência nutricional, caracterizado por uma velocidade de absorção de nutrientes crescente e uma curva ascendente de acúmulo de nutrientes (Fig. 4).

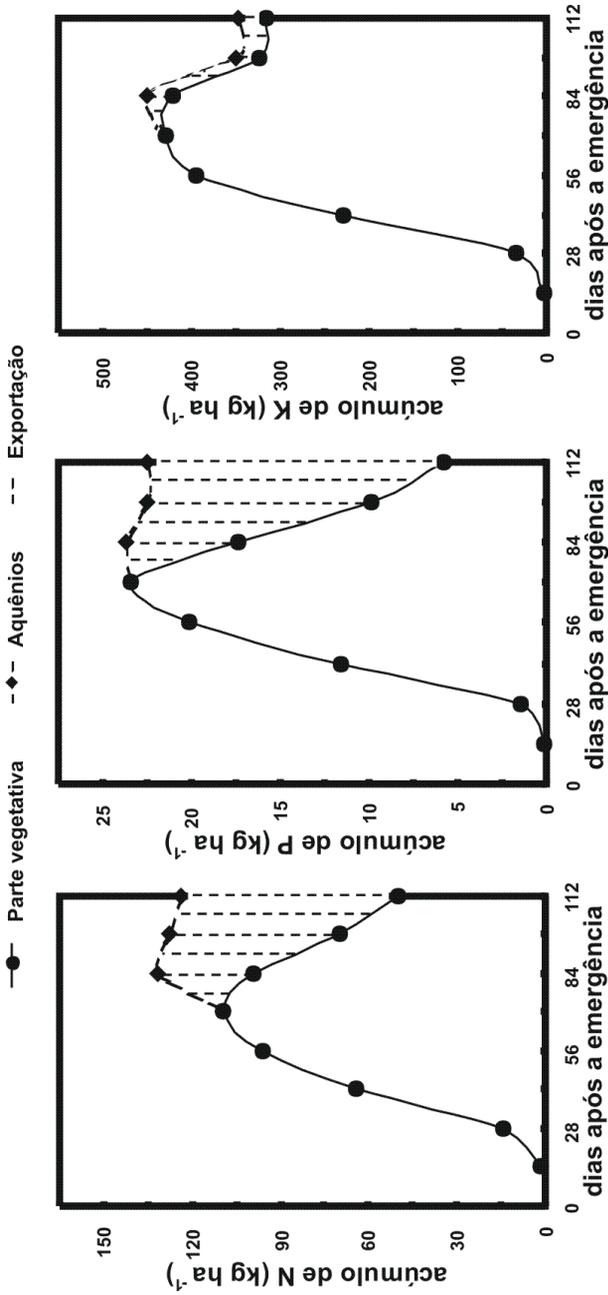
Durante as fases de florescimento (R 5 e R 6) e início do enchimento de aquênios (R 7), dos 56 aos 84 dias, ocorre a diminuição gradativa da velocidade de absorção de nutrientes, quando se atingem, na média, os níveis máximos de acúmulo, variáveis para cada nutriente. Observa-se na Fig. 4, que o girassol acumula, em média, 130, 25 e 450 kg ha<sup>-1</sup> de N, P e K, respectivamente, para uma produtividade média de 3.176 kg de aquênios por hectare. O período que se estende até o final do enchimento de aquênios, é caracterizado por uma intensa translocação, notadamente do nitrogênio e do fósforo, dos órgãos vegetativos para os reprodutivos, indicando uma elevada taxa de exportação desses nutrientes pelo girassol.

Com o K, também ocorre a translocação do nutriente das folhas para o caule e para o capítulo. No entanto, apenas uma pequena quantidade é acumulada nos aquênios, de maneira que as concentrações do nutriente mantêm-se elevadas, principalmente, no capítulo e no caule. Ao final do período de maturação, a concentração de potássio, encontra-se ao redor de 70 g kg<sup>-1</sup> e 40 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca no capítulo e no caule, respectivamente. Por esta razão, a Rússia, no início do século XX, produziu e exportou potássio utilizando o caule do girassol como fonte do nutriente (Putt, 1997).

Ao final do ciclo da cultura, as atividades metabólicas são drasticamente diminuídas e acelera-se o processo de senescência das folhas, até as plantas atingirem a fase de maturação fisiológica dos grãos (R 9), encerrando a absorção e o acúmulo de nutrientes e caracterizando-se pela perda de umidade até o ponto de colheita.

O girassol é uma cultura que apresenta elevada capacidade de absorver nutrientes, comparável à da soja (Correção, 2004). Essa característica está associada à produção de matéria seca e ao volume de solo explorado pelo sistema radicular, determinando a ciclagem de nutrientes recuperados das camadas mais profundas do solo.

Apesar do girassol produzir uma biomassa total de 10 a 15 t ha<sup>-1</sup>, o índice de colheita aparente (IC) da cultura é baixo, em média de 0,25 a 0,35 (Merrien, 1992). Essa característica tem sido aumentada com o melhoramento genético, e os híbridos mais modernos podem apresentar valores de 0,51 (Debaeke et al., 2004). O menor índice de colheita do girassol, quando comparado às outras espécies, é resultado do maior custo energético para a síntese de óleo e de proteínas, acumulados nos grãos, em relação à síntese de carboidratos.



**Fig. 4.** Acúmulo de N, P e K na parte aérea e exportação pelos aquênios durante o desenvolvimento do girassol (Helio 251).

Fonte: Castro & Oliveira (2005, dados não publicados).

Considerando o índice de colheita de 0,33, verifica-se que do total absorvido e acumulado, grande parte dos nutrientes permanece na lavoura, sendo disponibilizado para as culturas em sucessão, após a mineralização dos restos vegetais (Tabela 2). Apenas o nitrogênio e o fósforo são exportados em quantidades elevadas, aproximadamente, 56% e 70% do total acumulado, correspondente a 23 kg de N e 12 kg de  $P_2O_5$  por tonelada de grãos, enquanto que a soja exporta 61% e 65% dos mesmos nutrientes, equivalente a 51 kg de N e 10 kg de  $P_2O_5$  por tonelada de grãos (Correção, 2004). Nesse processo de ciclagem, destacam-se o potássio, o cálcio e o boro, que apesar das exigências elevadas para um bom desenvolvimento vegetativo, apresentam taxas de exportação reduzidas.

**Tabela 2.** Quantidade absorvida e exportação de nutrientes pela cultura do girassol, para a produção de 1.000 kg de grãos.

Partes da planta	kg t <sup>-1</sup>						g t <sup>-1</sup>					
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo*	Zn
Grãos	23	12,0	12	1,6	2,5	2,2	23	18	98	35	6	42
Restos culturais	18	5,1	159	37,9	8,7	6,6	123	34	256	479	23	111
Total	41	17,1	171	39,5	11,2	8,8	146	52	354	514	29	153
% Exportada	56	70	7	4	23	25	16	34	28	7	21	27

Fontes: Castro & Oliveira (2005, dados não publicados); \* Blamey et al. (1997).

Assim, constata-se que o girassol é uma cultura melhoradora da qualidade do solo, promovendo a ciclagem de nutrientes ao longo do perfil do solo, beneficiando o desenvolvimento e a melhoria do estado nutricional das culturas subseqüentes, disponibilizando uma grande quantidade de nutrientes pela mineralização dos restos culturais, concordando com as observações de diversos autores (Fleck, 1985; Trezzi, et al., 1994 e Ungaro et al., 2000).

### Diagnose visual de desordens nutricionais

Os nutrientes desempenham funções estruturais e metabólicas essenciais nas plantas (Epstein & Bloom, 2005) e o seu nível de disponibilidade correlaciona-se diretamente com o rendimento de grãos. A redução da produtividade ocasionada por desordens nutricionais pode estar associada a sintomas característicos para cada nutriente. O crescimento e a produção poderão ser limitados antes mesmo do aparecimento dos sintomas,

situação denominada de fome oculta (Malavolta et al., 1997). Apesar da sintomatologia característica a cada desordem nutricional, a diagnose visual deve ser apenas a primeira etapa do diagnóstico nutricional, a ser confirmado pela análise de solo e de tecidos.

A identificação do sintoma requer a análise da lavoura e o levantamento de informações como, variedade ou híbrido cultivado, época de semeadura, estágio de desenvolvimento, disponibilidade de água, temperatura, intensidade e radiação solar durante o ciclo da cultura, que interferem na absorção de nutrientes e podem auxiliar no diagnóstico. Também, é necessário observar a ocorrência de pragas e doenças que podem provocar sintomas semelhantes às desordens nutricionais. É interessante destacar se os sintomas acontecem em reboleira ou de forma generalizada no campo, tendo em vista que deficiência nutricional raramente aparece em algumas plantas, surgindo, normalmente, em áreas com alguma característica em comum (Fontes, 2004), como aquelas que receberam o mesmo manejo de fertilidade.

Além disso, os sintomas devem ser simétricos, isto é, apresentar-se igualmente distribuídos em folhas de mesma idade fisiológica ou mesmo dentro da mesma folha e, devido à mobilidade diferenciada dos nutrientes no floema, deve haver um gradiente de evolução dos sintomas nas plantas. Assim, os nutrientes N, P, K, Mg e Cl são móveis sendo redistribuídos rapidamente para as partes mais jovens das plantas em resposta à deficiência no solo. Portanto, desenvolvendo sintomas mais evidentes nas folhas velhas. Com a redistribuição bastante limitada, os nutrientes S, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn são pouco móveis e os imóveis são o Ca e o B, caracterizando-se por determinarem o aparecimento de um gradiente de sintomas de deficiências mais severos nas folhas mais jovens (Malavolta et al., 1997).

A toxidez, no entanto, desenvolve um gradiente de severidade dos sintomas, independentemente do nutriente, com maior intensidade nos órgãos mais velhos da planta. A Tabela 3 apresenta uma chave geral de identificação dos principais sintomas de desordens nutricionais no girassol. A separação dos sintomas em função da posição do aparecimento na planta, divididas em folhas superiores e inferiores, deve-se basicamente à mobilidade dos nutrientes e objetiva facilitar a interpretação do fenômeno.

## **Diagnose foliar**

Além da análise do solo, a fertilidade do solo pode ser avaliada indiretamente por meio da análise química das plantas, considerando a existência

**Tabela 3.** Chave geral para identificação de desordens nutricionais no girassol.

	Causa
<b>Sintomas nas Folhas Inferiores</b>	
• Clorose	
- Clorose generalizada, coloração variando de verde pálida a amarela, com ou sem necrose, e folhas superiores podendo estar verde pálidas;	- N
- Clorose seguida de necrose nas margens e na região internerval, com a curvatura do limbo foliar para baixo;	- K
- Clorose internerval pálida, destacando-se a coloração verde das nervuras. Sintomas podem evoluir para necrose entre as nervuras principais com a curvatura do limbo foliar para baixo.	- Mg
• Sem clorose ou clorose não acentuada	
- Plantas de porte reduzido e folhas menores, com formação de pontos necróticos de cor cinza escuro, sem halo clorótico entre as nervuras principais, similares a infecções causadas por doenças;	- P
- Clorose ao longo de toda a margem da folha, evoluindo para pontos necróticos com halo amarelado nos bordos e também entre as nervuras principais;	+ B
- Pontos coalescentes que evoluem para necrose pálida entre as nervuras principais. A presença de halo clorótico ao redor da necrose pode indicar deficiência induzida de zinco.	+ P
<b>Sintomas nas Folhas Superiores</b>	
• Clorose	
- Em plantas jovens, clorose internerval pálida amarelada, podendo evoluir para necrose. Nas plantas mais velhas, clorose internerval de coloração quase branca e nervuras em destaque, seguida de necrose e deformação das folhas;	- Fe
- Pontos cloróticos pálidos menores que 2 mm na região internerval de folhas recém expandidas, que evoluem para necrose marrom pálida, mas permanecem isolados;	- Mn
- Clorose internerval amarelada, nervuras verdes em destaque, e necrose no ponto de inserção do pecíolo no caule.	+ Zn

Continua...

---

 ...Continuação Tabela 3

- Sem clorose ou clorose não acentuada
  - Folhas pequenas ou malformadas, grossas, endurecidas e quebradiças, com coloração bronzeada, evoluindo para necrose marrom. Na época do florescimento, estes sintomas ocorrem no pedúnculo, evoluindo para o colapso e necrose na base do capítulo, terminando por decapitar a planta, ou gerar capítulos deformados e grãos chochos; - B
  - Folhas recém expandidas de coloração verde escuro e brilhantes, com curvatura para cima e formação de novas folhas enrugadas e com aparência acinzentada pelo excesso de pubescência; - Cu
  - Plantas menores com folhas novas estreitas e margens onduladas, evoluindo para a perda de turgidez e pontos necróticos de coloração marrom. - Zn

### **Sintomas tanto em folhas superiores quanto inferiores**

- Clorose
    - Clorose verde pálida a amarelada, com sintomas uniformes mais aparentes nas folhas superiores. Eventualmente, os sintomas de clorose aparecem na forma de mosqueados; - S
    - Clorose pálida generalizada, destacando as nervuras mais verdes, com a curvatura do limbo das folhas jovens para cima e necrose nas margens; - Mo
    - Pontuações pequenas, pardas a escuras na base do caule, nos pecíolos e no limbo foliar, associadas aos tricomas. Os sintomas evoluem para clorose destacada das nervuras e deformação de folhas em crescimento, e necrose escura angular das folhas inferiores. +Mn
  - Sem clorose ou clorose não acentuada
    - Redução de crescimento do caule, folhas verde escuras enrugadas e deformadas com formação de pontos necróticos, bronzeamento e murcha; - Ca
    - Raízes descoloridas, curtas e grossas, excesso de raízes laterais finas e sintomas de estresse hídrico na parte aérea, associado ou não aos sintomas de deficiência fósforo ou magnésio. Em plântulas, ocorre clorose internerval seguida de necrose nos bordos. +Al
- 

Fonte: modificado de Blamey et al. (1997).

de uma relação significativa entre a disponibilidade de nutrientes no solo e os teores acumulados nos tecidos, com influência direta sobre o desenvolvimento e a produtividade das culturas. A utilização da planta como referência para a disponibilidade de nutrientes no solo é muito interessante, porque permite a interpretação do estado nutricional, que é resultante de todos os fatores físicos, químicos e biológicos que interferem na disponibilidade e na absorção dos nutrientes.

O órgão mais adequado para a avaliação do estado nutricional é a folha, porque apresenta a maior atividade metabólica e deve ser amostrada no período de máxima demanda nutricional das plantas. A amostragem de folhas, a exemplo da análise de solo, deve obedecer a critérios que identifiquem áreas uniformes quanto à fertilidade do solo, à cultura e ao manejo adotado. As folhas devem ser coletadas em um número de plantas suficientes, amplamente distribuídas na lavoura, para compor uma amostra representativa do estado nutricional. Para tanto, deve-se realizar a amostragem no início do florescimento (Fase R 5), coletando a primeira folha completamente desenvolvida e fisiologicamente madura (Blamey, 1987) de aproximadamente 20 plantas no interior do talhão, com características representativas do talhão. Em geral, essa folha posiciona-se como a terceira ou quarta abaixo do capítulo. Não se deve coletar folhas danificadas por insetos, nem folhas com manchas ou aspecto anormal, a não ser que a possível causa dessa anormalidade seja de origem nutricional. Neste caso, coletar separadamente folhas de áreas consideradas normais e anormais e anotar essa informação no saco de papel.

A contaminação por poeira deve ser evitada, pois interfere nos resultados analíticos. O procedimento de lavagem das folhas, quando necessário, consiste no mergulho das mesmas em recipiente como água destilada, seguido da secagem à sombra e acondicionamento em sacos de papel com todas as anotações que caracterizem a amostra e o talhão. Posteriormente, enviar a amostra o mais rápido possível para um laboratório de análise de tecidos.

Basicamente, a diagnose foliar consiste em analisar quimicamente as folhas e comparar os resultados com os valores do padrão nutricional para a cultura (Malavolta, 1997). A diagnose foliar possibilita avaliar o estado nutricional das plantas e identificar situações de deficiência ou excesso de nutrientes, além de complementar as informações obtidas da análise de solo, para quantificar as necessidades de adubações futuras. Na interpretação, contudo, deve-se procurar correlacionar os nutrientes analisados e identificar, além dos desvios nutricionais, possíveis efeitos do desbalanço entre os nutrientes.

Da relação entre o estado nutricional das plantas e o potencial produtivo do girassol, são definidas as faixas de interpretação das concentrações de nutrientes nas folhas de girassol coletadas no início do florescimento (Tabela 4). A faixa de suficiência corresponde ao intervalo dos teores foliares associados à máxima atividade fisiológica e, conseqüentemente, maiores taxas de crescimento, produção e qualidade (Bataglia et al., 1992). Valores abaixo do nível médio de suficiência indicam limitação do potencial produtivo por deficiência nutricional, ao passo que valores muito superiores ao adequado podem restringir o desenvolvimento das plantas, caracterizando a toxidez por excesso ou por desequilíbrio nutricional.

**Tabela 4.** Faixas de interpretação das concentrações de nutrientes nas folhas de girassol coletadas no início do florescimento.

Nutriente	Baixo	Suficiente ou médio	Alto
	.....g kg <sup>-1</sup> .....		
N	< 35	35 a 50	> 50
P	< 2,9	2,9 a 4,5	> 4,5
K	< 31	31 a 45	> 45
Ca	< 19	19 a 32	> 32
Mg	< 5,1	5,1 a 9,4	> 9,4
S	< 3,0	3,0 a 6,4	> 6,4
	..... mg kg <sup>-1</sup> .....		
B	< 35	35 a 80	> 80
Cu	< 24	24 a 42	> 42
Fe	< 120	120 a 235	> 235
Mn	< 55	55 a 180	> 180
Zn	< 29	29 a 43	> 43

Além da avaliação das faixas de teores nutricionais, a diagnose foliar torna-se mais completa pela análise da interação entre os nutrientes e, conseqüentemente, pela interpretação do estado de equilíbrio nutricional. O Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) utiliza a relação entre pares de nutrientes para determinação de índices nutricionais que são comparados com os valores de referência de uma população padrão, identificados por normas (Beaufils, 1973). Assim, o DRIS analisa indiretamente os fatores nutricionais que interferem na produtividade

de por meio de índices relativos a interação entre os nutrientes, determinando o nível de balanço nutricional. Desse modo, é possível estabelecer a ordem de limitação dos nutrientes numa escala contínua, desde o mais deficiente até o mais excessivo, e planejar racionalmente o manejo da adubação para a solução dos problemas nutricionais da lavoura, iniciando pela correção dos maiores desequilíbrios. Atualmente, entretanto, não estão disponíveis as normas DRIS de referência para a cultura do girassol.

## **Adubação**

Para que o girassol possa expressar todo seu potencial produtivo, o suprimento de água e nutrientes deve ser adequado desde o início do seu desenvolvimento mas, principalmente, a partir da emissão do botão floral quando se inicia o período de maior crescimento, acompanhado do aumento no consumo de água e da demanda nutricional. A disponibilidade de nutrientes nos solos é bastante variável, e a necessidade de correção ou manutenção da fertilidade de uma área deve ser determinada com base nas informações das análises químicas do solo e das folhas e no histórico de uso da terra, considerando o sistema de cultivo e rotação de culturas, o manejo da fertilidade, os possíveis registros de ocorrência de sintomas de desequilíbrio nutricional e as produtividades nos cultivos anteriores. Os problemas nutricionais são reflexos do manejo da fertilidade dos solos, mas influenciados diretamente pelas condições de desenvolvimento das plantas, que envolvem os fatores climáticos, as práticas culturais e a ocorrência de plantas daninhas, pragas ou doenças.

Todas as informações pertinentes ao assunto são consideradas nos trabalhos para a determinação das classes de interpretação dos teores de nutrientes no solo e nas folhas, para a calibração das respostas à adubação, e também naqueles relativos à forma e às épocas de aplicação dos nutrientes que são utilizados para a elaboração das tabelas de recomendação de adubação.

O girassol é uma cultura exigente em fertilidade, acumulando grande quantidade de nutrientes. No entanto, a sua resposta à adubação é limitada pelo potencial produtivo e também pela taxa de exportação de nutrientes que não é elevada. Em experimentos realizados nos Estados do Paraná e de Goiás, para a determinação das necessidades adequadas de N, de P e de K, de modo geral, as maiores produtividades foram alcançadas com quantidades de nutrientes inferiores às recomendadas para outras cultu-

ras, como o milho (Coelho et al., 2005), a soja (Correção, 2004) e o trigo (Calagem, 2005). Em parte, esses resultados demonstram que a capacidade de exploração pelo sistema radicular profundo do girassol, aumenta a eficiência de aproveitamento da fertilidade natural dos solos, e também das adubações nos cultivos anteriores, absorvendo nutrientes nas camadas mais profundas, além daquela alcançada pelo sistema radicular da maioria das culturas.

## **Nitrogênio**

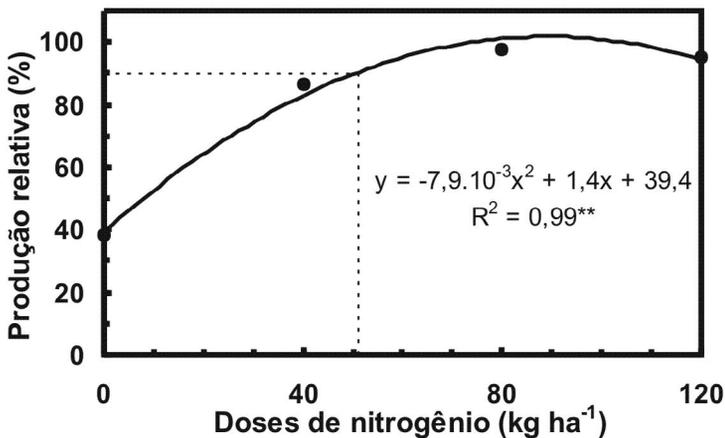
O N é o constituinte de aminoácidos e nucleotídeos, e o principal nutriente para a obtenção de produtividades elevadas em culturas anuais (Fageria et al., 1999). No solo, o nitrogênio apresenta diversas formas orgânicas e inorgânicas que estão dinamicamente equilibradas, definindo o que comumente chamamos ciclo do N. A maior fração do N do solo é orgânica, sendo disponibilizada aos vegetais por meio dos processos de mineralização, que envolvem a decomposição dos restos culturais e animais por atividade microbiológica, divididas em etapas de amonificação e nitrificação (Victoria et al., 1992).

Além dos restos culturais, o nitrogênio é incorporado por processos de fixação biológica, adubação com fertilizantes industriais e também por precipitação induzida por descargas elétricas. O nitrogênio mineral do solo pode existir na forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) e nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ), sendo essa última, predominante em condições naturais e aeróbicas de campo. A forma amoniacal participa do complexo de troca, sendo adsorvida às cargas negativas do solo presentes na superfície dos colóides. Contudo, em função da valência unitária e do tamanho do raio iônico hidratado desse íon, o amônio é menos retido que outros cátions como cálcio, o magnésio e o potássio. O nitrato, por ser um ânion, é bastante móvel no solo, permanecendo em solução e sujeito ao processo de lixiviação (Raij, 1991). No sistema solo-planta, o nitrogênio mineral entra em contato com as raízes das plantas, preferencialmente, por fluxo de massa (Malavolta et al., 1997), e é absorvido nas formas de nitrato ou amônio.

Devido à rapidez do processo de nitrificação nos solos tropicais, de reação ácida, e à absorção de nitrato e amônio pelas plantas, as fontes amoniacais e nítricas apresentam eficiência equivalente para a cultura do girassol. Para a utilização de uréia, no entanto, devem ser consideradas as estratégias para a redução do processo de volatilização, como por exemplo, a incorporação do fertilizante.

Apesar das elevadas quantidades de N acumuladas pelas culturas, a resposta à adubação nitrogenada varia, em função do histórico de uso do solo, incluindo aí, o tempo e o sistema de cultivo, a reserva de N disponível no solo presente nos restos culturais e na fração orgânica humificada, condições gerais de fertilidade do solo, época de cultivo e o potencial produtivo da cultura. Por exemplo, as culturas cultivadas em sucessão à soja são beneficiadas pelos restos desta cultura que, através da fixação do nitrogênio atmosférico, fornece ao solo, em torno de 30 kg de N para cada tonelada de grãos produzidos (Correção, 2004). O aproveitamento pelas culturas em sucessão, depende da velocidade de mineralização dos resíduos orgânicos, mas seguramente, uma parte desse nutriente será disponibilizada e absorvida, sendo considerada nas recomendações de adubação das culturas de milho (Coelho et al., 2005) e de trigo (Calagem, 2005).

O N é o segundo nutriente mais requerido pela cultura do girassol, acumulando  $130 \text{ kg ha}^{-1}$  (Fig. 4). Nos tecidos, a concentração varia, dependendo do genótipo, de 35 a  $50 \text{ g kg}^{-1}$  nas folhas e de 4 a  $10 \text{ g kg}^{-1}$  no caule, no período entre o início do florescimento e o enchimento de aquênios. O nitrogênio é o nutriente que mais limita a produção do girassol (Blamey et al., 1997), proporcionando redução de 60% na produtividade em decorrência da sua deficiência (Fig. 5), quando avaliados dois híbridos cultivados em quatro épocas de semeadura em solos de Cerrados (Smiderle et al., 2002; Smiderle et al., 2003). Segundo Lantmann et al. (1985), quando cultivado em sucessão à soja, seriam necessários apenas  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de



**Fig. 5.** Produção relativa de girassol (BRS 191 e Agrobrel 910), em função da quantidade de nitrogênio aplicada no solo.

Fonte: modificado de Smiderle et al. (2002).

nitrogênio aplicados na cultura do girassol para obter as maiores produtividades. Esse resultado demonstra não só o efeito isolado da aplicação do nitrogênio, como também, do aproveitamento da adubação residual e do nitrogênio simbiótico proveniente da soja.

Segundo Gómez-Arnau (1988), o girassol tem um aproveitamento eficiente da adubação aplicada nos cultivos anteriores devido a capacidade do sistema radicular de explorar maior profundidade, absorvendo o nitrogênio e o potássio lixiviado no perfil do solo. Avaliações experimentais indicam que a produção máxima do girassol é alcançada com 80 a 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, contudo, com a aplicação de 40 a 50 kg ha<sup>-1</sup> de N obtém-se 90% da produção relativa máxima, correspondendo a quantidade do nutriente economicamente mais eficiente (Smiderle et al., 2002; Smiderle et al., 2004; Castro et al., 2004b).

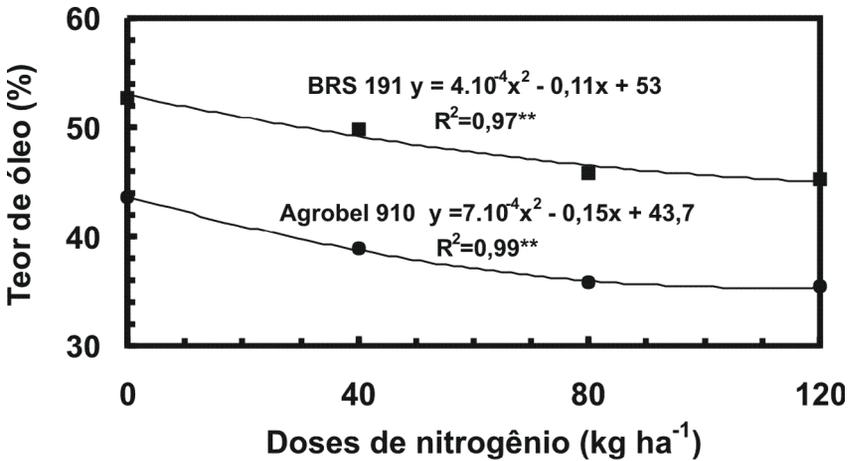
Quaggio & Ungaro (1997) indicam para o Estado de São Paulo, a aplicação de 50 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, sendo 10 kg ha<sup>-1</sup> de N na adubação de base e 40 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura, 30 dias após a emergência das plantas. Para o Estado de Minas Gerais, recomenda-se a aplicação de 60 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, sendo 20 kg ha<sup>-1</sup> de N na adubação de base e 40 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura, 45 a 50 dias após a emergência das plantas (Comissão, 1989).

Nas oleaginosas, o nitrogênio influencia o metabolismo de síntese de compostos de reserva nas sementes, determinando o equilíbrio nos teores de óleo e de proteínas acumulados. Assim, a adubação com N em grandes quantidades, além do aumento dos custos com fertilizantes (Castro et al., 1999), eleva os teores do nutriente nos tecidos e reduz a síntese de óleos, favorecendo a rota metabólica de acúmulo de proteínas nos aquênios (Vrânceanu, 1977; Steer et al., 1984).

Avaliando-se o efeito da adubação nitrogenada sobre o teor de óleo de dois híbridos (Fig. 6), observam-se os maiores teores na ausência de adubação, 43,7% e 53,0%, para o Agrobél 910 e para o BRS 191, respectivamente. Com o aumento da adubação nitrogenada, entretanto, há redução significativa de 19% e 14% nos teores de óleo, para os respectivos híbridos, na maior dose testada, ainda que os rendimentos de óleo tenham acompanhado a produtividade (Smiderle et al., 2002). Resultados menos expressivos foram obtidos por Castro et al. (2002).

Embora haja redução do teor de óleo, em função do aumento dos teores de nitrogênio no solo, a queda é compensada, em grande parte, pelo aumento dos rendimentos de aquênios e rendimento de óleo por ha.

Levando-se em consideração a grande importância do rendimento de óleo para as agroindústrias, existe a possibilidade futura que a produção de



**Fig. 6.** Teor de óleo de girassol (BRS 191 e Agrobrel 910), em função da quantidade de nitrogênio aplicada no solo

Fonte: Smiderle et al. (2002).

girassol seja remunerada por essa qualidade. Assim, além dos fatores genéticos e climáticos, o conhecimento dos efeitos do N sobre a produtividade e o teor de óleo é decisivo para a definição da adubação, com aplicação de quantidades adequadas do nutriente que podem resultar no melhor equilíbrio entre a produtividade de grãos e rendimento de óleo.

O aumento da incidência de doenças no girassol também apresenta correlação positiva com doses elevadas de nitrogênio (Gómez-Arnau, 1988; Díaz-Zorita, 1995; Leite, 1997). Vrânceanu (1977) cita que o excesso de nitrogênio provoca crescimento excessivo da planta, tornando as folhas mais sensíveis ao ataque de pragas e doenças. Reunindo as informações sobre eficiência econômica da adubação nitrogenada na produtividade, teor de óleo nos aquênios e a sanidade vegetal, recomenda-se a adubação do girassol utilizando doses entre 40 a 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, e o parcelamento das maiores doses, principalmente, nos solos de textura arenosa, aplicando-se 1/3 na semeadura e o restante até 30 dias após a emergência das plantas.

## Fósforo

Nas áreas agrícolas, no nível de acidez do solo em que são cultivadas as principais culturas, o fósforo disponível às plantas apresenta-se em baixas concentrações na solução do solo, na forma predominantemente como

ion  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , e mantendo-se em equilíbrio com a fase sólida que apresenta formas orgânicas e inorgânicas do nutriente divididas em fase lábil e não lábil. O equilíbrio entre as fases do fosfato no solo é controlado pelos processos de adsorção aos minerais da fração argila e precipitação com cálcio, ferro e alumínio. Os solos tropicais ácidos apresentam as maiores taxas de fixação de fósforo que, no entanto, são variáveis de acordo com a quantidade e a mineralogia da fração argila, sendo mais intensas naquelas com a predominância de óxidos de Fe e de Al (Raij, 1991).

O contato do íon fosfato com as raízes ocorre, preferencialmente, por difusão (Malavolta et al., 1997), razão pela qual a absorção do nutriente, depende do volume de solo explorado pelas raízes. Nas plantas, o fosfato é incorporado em compostos orgânicos, incluindo açúcares fosfatos, fosfolipídeos e nucleotídeos. Segundo Taiz & Zeiger (2002) e Epstein & Bloom (2005), o principal ponto de entrada do fosfato na via de assimilação ocorre durante a formação do ATP, a molécula de energia da célula. Nessa reação, o fosfato inorgânico é adicionado ao segundo grupo fosfato da adenosina difosfato para formar uma ligação éster fosfato.

Quando não há limitação da disponibilidade de fósforo, a absorção do nutriente ocorre até o enchimento de aquênios (Hocking & Steer, 1983). Contudo, em situações de déficit hídrico, a absorção do nutriente e o suprimento para as partes em desenvolvimento podem ser afetados severamente, de maneira que os processos de remobilização do P das partes velhas da planta e translocação do nutriente para as partes jovens são intensificados. O fósforo é um nutriente móvel no floema, prontamente redistribuído para outras partes da planta, em especial aos tecidos jovens em desenvolvimento, vegetativo ou reprodutivo, que são drenos preferenciais das plantas (Malavolta, 1980). Estima-se, que a contribuição do fósforo remobilizado das folhas e caule para os aquênios em maturação varie de 30% (Hocking & Steer, 1983) a mais de 60% (Vrebalov, 1974).

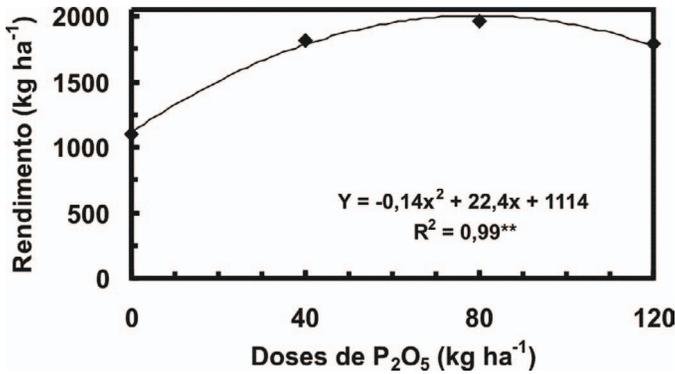
Nas condições de solo em que o girassol tem sido normalmente cultivado no Brasil, em sistema de rotação de culturas, principalmente após o milho ou a soja, não é comum o aparecimento de sintomas de deficiência de P, e a diagnose foliar é o melhor método de avaliação para a identificação da deficiência do nutriente, que normalmente ocorre em campo na condição de fome oculta (Blamey et al., 1997). Independentemente dos sintomas, os mesmos ocorrem nas folhas da parte inferior das plantas, devido à grande mobilidade do nutriente. Ainda assim, o diagnóstico correto é dificultado, pois os sintomas de deficiência de fósforo também podem ser confundidos com aqueles causados por doenças como a *Alternaria helianthi* entre outras doenças (Blamey et al., 1997).

Comparativamente aos demais macronutrientes, o fósforo juntamente com o enxofre, apresenta as menores taxas de acúmulo pelas plantas. No entanto, é o nutriente mais exportado, proporcionalmente, pelos aquênios (Tabela 3), acumulado na forma de lipoproteínas e fitato (Hoocking & Steer, 1983). Apesar do baixo consumo pelo girassol, o fósforo desempenha funções-chave no metabolismo das plantas e na síntese de lipídeos. Segundo Srivastava (1978), o equilíbrio entre a adubação nitrogenada e a fosfatada é o fator determinante para a obtenção de máximas produtividades e o desenvolvimento de sementes sadias, com altos teores de proteína e de óleo, além de elevado vigor e poder germinativo. Em vários países, verificou-se que absorção de níveis elevados de fósforo aumenta o peso de 1.000 aquênios, porém tende a diminuir a relação amêndoa/casca (Weiss, 1983). Em alguns casos, contrariamente, a deficiência pode afetar o conteúdo total de óleo nos aquênios.

A resposta do girassol à adubação fosfatada está relacionada com a disponibilidade do nutriente no solo, a disponibilidade de água e a profundidade de exploração do sistema radicular. Além disso, a eficiência de absorção do fósforo do solo pode ser bastante elevada pela associação simbiótica do girassol com micorrizas vesículo-arbusculares (Koide, 1985; Blamey et al., 1987; Thompson, 1987). Apenas o fósforo lábil pode ser absorvido pelas micorrizas e o seu transporte até as raízes se faz ativamente. O aumento na absorção de fósforo ocorre, principalmente, em função da extensão dos micélios, promovendo aumento da superfície específica do sistema radicular micorrizado, e facilitando o contato dos nutrientes com as raízes (Silveira, 1992).

No Estado do Paraná, as maiores produtividades de girassol cultivado em solos de textura argilosa e com teores médios a altos de fósforo no solo, em torno de  $6,0 \text{ mg dm}^{-3}$ , obtidos com o extrator Mehlich 1 (Correção, 2004), foram alcançadas com níveis de adubação variando entre 40 e  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (Fig. 7) (Castro et al., 1993). Nessas condições, os teores de fósforo nas folhas dos tratamentos com maiores produtividades, variaram de 3,2 a  $4,3 \text{ mg kg}^{-1}$ . Para o Estado de São Paulo, Quaggio & Ungaro (1997) indicam a aplicação de 20 a  $70 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , dependendo do teor de P na análise do solo. Também com base na análise de solo, recomenda-se a aplicação de 30 a  $70 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  para o cultivo do girassol no Estado de Minas Gerais (Comissão, 1989).

A disponibilidade do P às plantas, quando avaliada por meio da análise de solo com extratores ácidos como o Mehlich 1, deve considerar a quantidade das argilas como indicador da capacidade de fixação de fósforo do



**Fig. 7.** Rendimento do girassol (GR 16), em função das doses de fósforo aplicadas no solo, como superfosfato triplo.

solo, determinando classes de interpretação para cada fração textural. Como não há uma classificação específica para o girassol, adota-se os valores de referência regionais, utilizados para as culturas de verão, especialmente a soja e o milho. Assim, em função da disponibilidade decrescente de fósforo dos solos, a adubação mínima para garantir a reposição da exportação de P com a produção de 2.000 kg ha<sup>-1</sup> em solos com alto teor de fósforo deve ser de 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, sendo elevado esse valor até a dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nos solos com disponibilidade considerada muito baixa (Tabela 5).

**Tabela 5.** Indicação de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio em girassol.

Teor de potássio no solo	Teor de fósforo no solo			
	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto
	N - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - K <sub>2</sub> O			
kg ha <sup>-1</sup>				
Muito baixo	40-80-80	40-60-80	40-40-80	40-30-80
Baixo	40-80-60	40-60-60	40-40-60	40-30-60
Médio	40-80-40	40-60-40	40-40-40	40-30-40
Alto	40-80-20	40-60-20	40-40-20	40-30-20

Produtividade esperada 2.000 kg ha<sup>-1</sup>.

A adubação nitrogenada pode ser aumentada em 20 kg ha<sup>-1</sup>. Optar pelo parcelamento, adubando com 1/3 na sementeira e o restante em cobertura, ao redor dos 30 dias após a emergência das plantas.

Devido ao comportamento químico do fosfato no solo, que favorece os processos de adsorção e precipitação, limitando a sua mobilidade no solo, para a maior eficiência, os fertilizantes fosfatados solúveis em água ou citrato neutro de amônio devem ser aplicados na forma de grânulos e localizados próximo das raízes das plantas, de preferência ao lado e abaixo do sulco de semeadura, em solos com a acidez corrigida (Raij, 1991).

## Potássio

O potássio disponível às plantas, encontra-se como íon  $K^+$ , presente na solução do solo e no complexo de troca (Raij, 1991). A correção da acidez é fundamental para elevar a eficiência de utilização dos fertilizantes potássicos, por aumentar a capacidade de retenção do nutriente no complexo de troca, limitando o processo de lixiviação, principalmente nos solos de textura arenosa.

O contato do íon  $K^+$  com as raízes ocorre, preferencialmente, por difusão e fluxo de massa (Malavolta et al., 1997) e, assim, a nutrição potássica está diretamente relacionada com a disponibilidade de água às plantas. O potássio participa de um grande número de processos biológicos da planta, sem contudo, constituir qualquer composto orgânico (Malavolta, 1980). Assim, o nutriente apresenta grande mobilidade na planta, sendo translocado das partes velhas para as partes jovens, durante o processo de senescência natural ou induzida.

A baixa disponibilidade de K no solo pode causar a diminuição gradativa na taxa de crescimento das plantas, com redução da produtividade das culturas, safra após safra, mesmo sem os sintomas típicos da deficiência. Porém, quando a deficiência de K é mais severa, os sintomas se iniciam com mosqueado amarelado nas bordas das folhas da parte inferior da planta (Fig. 8). Essas áreas cloróticas avançam para o centro das folhas, tornando-se necróticas nas bordas. Em caso mais severos, a planta perde a rigidez, prostrando-se facilmente.

Para a produção do girassol, a disponibilidade de K no solo deve ser média a alta, já que a demanda do girassol é elevada, em torno de 171 kg de  $K_2O$  na parte aérea, para cada tonelada de grãos produzida (Tabela 2). Contudo, a quantidade de K que é exportada através dos aquênios na colheita é baixa, alcançando, em torno de 12 kg de  $K_2O$  por tonelada produzida.

A perda do íon  $K^+$  por lixiviação no perfil do solo sempre foi uma preocupação quando são feitas adubações corretivas, principalmente, em solos de

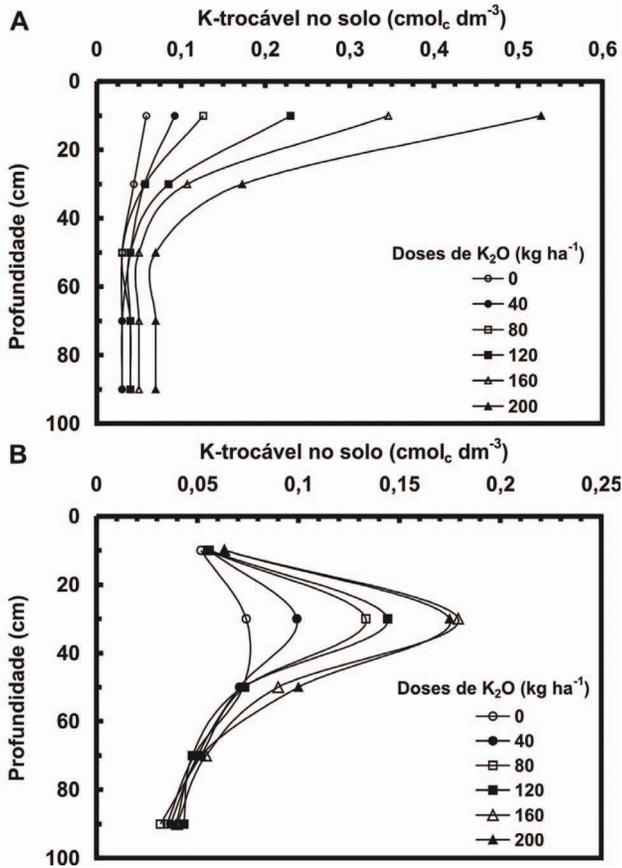


**Fig. 8.** Deficiência de potássio nas folhas baixeras da planta de girassol.

textura média a arenosa, como em muitas áreas de expansão agrícola em diversas regiões do Brasil.

Avaliando os efeitos do K aplicado em Latossolo muito argiloso de Londrina, PR, Borkert et al. (2005) observaram um gradiente de K trocável, variando de  $0,05 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  até  $0,53 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  na camada de 0-20 cm, confirmando a capacidade elevada de retenção de potássio nos solos argilosos (Fig. 9A). Na camada de 20 - 40 cm, ocorreu pequeno aumento dos teores de K trocável em relação à testemunha, nas doses de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  a  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , indicando que a movimentação de potássio no perfil do solo ocorre nos solos argilosos, quando adubados com altas doses, ainda que aplicadas na superfície. A perda de potássio por lixiviação para fora da região de absorção pelas raízes, no entanto, é bastante reduzida nesses solos que apresentaram teores de K trocável, nas camadas de 40 - 60 cm, 60 - 80 cm e 80 - 100 cm, próximos aos teores da testemunha, e abaixo de  $0,10 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ .

Por outro lado, nos estudos em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico de textura média, com  $190 \text{ g kg}^{-1}$  de argila, em Mato Grosso, com teores iniciais de K muito baixos, foi observado uma capacidade de retenção de potássio na camada superficial muito menor que nos solos argilosos, com o gradiente variando de  $0,05 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  a  $0,12 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (Fig. 9B). Nesse



**Fig. 9.** Teor de potássio trocável no solo, em função de doses e da profundidade; (A) média de 4 safras (97/98; 98/99; 99/00; 00/01), em Londrina-PR; (B) safra 2001/02, em Itiquira-MT. Embrapa Soja, Londrina-PR.

Fonte: Castro et al. (2005, dados não publicados).

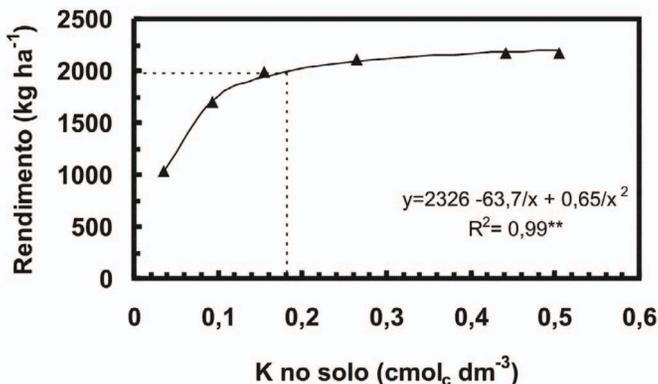
solo, o movimento do íon  $\text{K}^+$  no perfil foi elevado, principalmente, quando foram aplicadas doses superiores a  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , e acúmulo de potássio principalmente, na camada de 20 - 40 cm (Oliveira et al., 2004). Abaixo de 40 cm, a lixiviação de K para as camadas mais profundas ocorre mais lentamente, e depende da aplicação de altas doses em cultivos sucessivos. Assim, o nutriente aplicado permanece ainda disponível numa profundidade de ocupação do solo pelas raízes das plantas (Oliveira et al., 2004). A grande diferença na capacidade de acúmulo de potássio nas camadas superficiais dos solos é, principalmente, devida a CTC. Enquanto nos so-

los argilosos em estudo do Paraná as CTC variaram de 12 a 14  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , nos solos de textura média variaram de 5 a 6  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , sendo a principal razão para o comportamento distinto para a movimentação do K no perfil do solo e, conseqüentemente, para a adoção de estratégias de manejo do potássio adequadas para cada ambiente.

No Paraná, foram observados em Latossolos Vermelhos Eutroféricos e Distroféricos, que os teores no solo menores que 0,12  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  determinaram baixa disponibilidade e absorção de K pelas plantas de girassol (Borkert et al., 1997). Nessas condições, os teores de K nas folhas foram baixos, em torno de 18,8  $\text{g kg}^{-1}$ , causando sintomas de deficiência típica do nutriente e queda na produtividade do girassol.

Nos solos argilosos, com teores de potássio em torno de 0,20  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , as maiores produtividades foram alcançadas com níveis de adubação variando entre 40 e 80  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  (Castro et al., 1993), dependendo da disponibilidade de água, da profundidade do solo explorado, e dos teores de potássio nas folhas, que variaram de 35 a 45  $\text{mg kg}^{-1}$ . Para o Estado de São Paulo, Quaggio & Ungaro (1997) indicam a aplicação de 20 a 60  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , dependendo do teor de K na análise do solo. Para o Estado de Minas Gerais, recomenda-se a aplicação de 30 a 70  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , dependendo da faixa de disponibilidade de K na análise do solo (Comissão, 1989).

Na safra 2003/04, verificou-se que em Latossolo muito argiloso do Paraná, o nível crítico de potássio no solo para atingir 90% da produtividade relativa máxima do girassol era de 0,18  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de K (Fig. 10), com incre-



**Fig. 10.** Rendimento do girassol (Helio 251), em função dos teores de potássio no solo obtidos nos municípios de Campo Mourão, PR, e Londrina, PR.

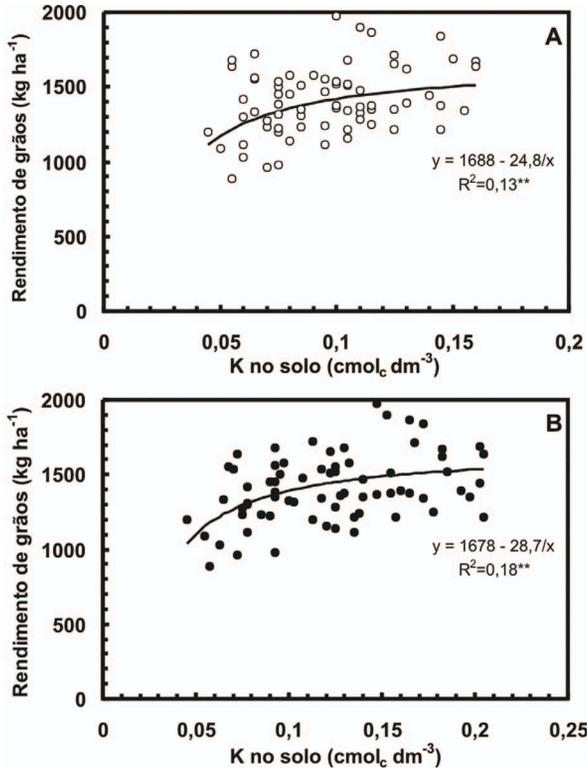
Fonte: Castro & Oliveira (2005, dados não publicados).

mentos na produtividade muito pequenos nos teores acima desse valor, caracterizando um consumo de luxo do nutriente pelas plantas. Esse nível se aproxima do indicado para a média disponibilidade de K para a soja cultivada no Estado do Paraná, que é em torno de  $0,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de K (Correção, 2004), de maneira que a interpretação da disponibilidade de potássio para a cultura do girassol nos solos na região pode ser orientada pelos limites estabelecidos para a soja.

Nos experimentos realizados em solos de textura média do Estado de Mato Grosso, a resposta do girassol à adubação potássica não foi elevada mas, as produtividades foram severamente afetadas pela baixa disponibilidade de água nas fases mais críticas para o desenvolvimento da cultura, uma vez que as semeaduras foram tardias, na segunda quinzena de março. Na média de dois cultivos, as maiores produtividades foram alcançadas com os teores de K-trocável de  $0,08$  a  $0,15 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , na camada de  $0 - 20 \text{ cm}$  ou  $0,09$  a  $0,18 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , considerando a disponibilidade de potássio na camada de  $0 - 40 \text{ cm}$  (Fig. 11). Pela avaliação dos teores de K nas folhas como uma função de K trocável no solo nas camadas  $0 - 20 \text{ cm}$  e  $0 - 40 \text{ cm}$ , a faixa de suficiência de potássio no tecido vegetal, estabelecida a partir dos teores no solo necessários para a obtenção de 90% e 100% da produtividade máxima, foi de  $36 \text{ g kg}^{-1}$  a  $45,0 \text{ g kg}^{-1}$  de K (Fig. 12), valores considerados adequados em lavouras de altas produtividades.

Em solos com maior mobilidade de K no perfil, a correlação entre a sua disponibilidade na profundidade até  $40 \text{ cm}$  com os teores nas folhas e a produtividade demonstra que, pelas características de exploração radicular do girassol, a interpretação pode não ser adequada quando se considera somente a camada  $0 - 20 \text{ cm}$ . Esse resultado indica que existe uma quantidade do nutriente disponível além da camada superficial, o que explicaria a menor resposta da cultura à adubação e as elevadas quantidades absorvidas pelas plantas. Por essas características, a inclusão do girassol nos sistemas de rotação e sucessão de culturas torna-se interessante para a recuperação do K residual da adubação nas culturas anteriores, principalmente o acumulado em profundidades abaixo da zona de exploração das raízes das outras culturas.

As necessidades de adubação potássica do girassol são determinadas com base na análise de solo. Para a definição dessas classes, a exemplo do P, são adotados os valores determinados regionalmente para a soja. Em condições de baixa até média disponibilidade de K no solo, a resposta do girassol à adubação pode variar de  $40$  a  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  (Tabela 5). Nos



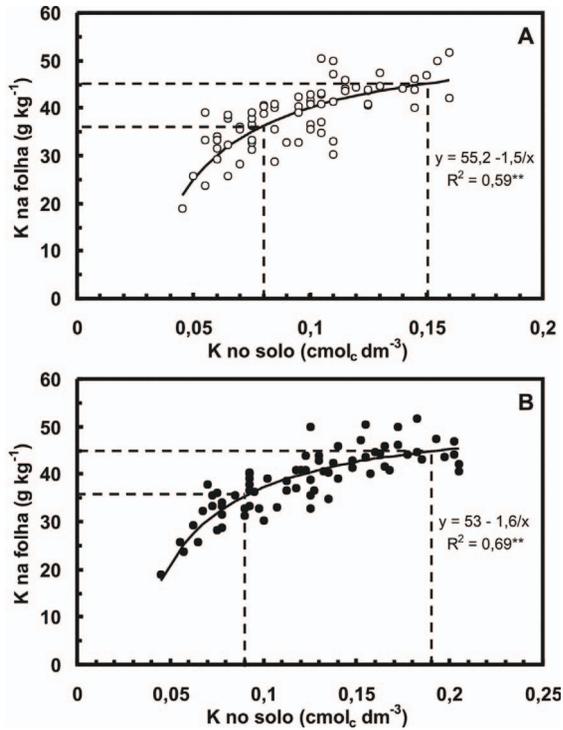
**Fig. 11.** Rendimento do girassol em Latossolo Vermelho Amarelo de cerrados em relação aos teores de K na camada 0 – 20 cm (A) e na camada 0 – 40 cm (B) de profundidade. Médias das safras 2001/02 e 2002/03.

Fonte: Castro & Oliveira (2005, dados não publicados).

solos com alta disponibilidade do nutriente, deve-se utilizar a adubação de manutenção, considerando uma exportação de 10 a 12 kg de K<sub>2</sub>O para cada 1.000 kg de grãos (Tabela 2).

Quanto à forma de aplicação, tem se verificado produtividades elevadas com eficiência semelhante para as aplicações de potássio a lanço ou localizada no sulco de semeadura. No entanto, nas recomendações superiores a 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O ou quando o teor de argila for menor que 40%, recomenda-se o parcelamento da adubação, aplicando-se 1/3 da quantidade total indicada na semeadura e 2/3 em cobertura, 30 dias após a emergência.

Com base nas informações e resultados de pesquisa, a recomendação de adubação com N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O pode ser resumida na Tabela 5.



**Fig. 12.** Teor de K nas folhas de girassol cultivado em Latossolo Vermelho Amarelo de cerrados em relação aos teores de K na camada 0 - 20 cm (A) e na camada 0 - 40 cm (B) de profundidade. Médias das safras 2001/02 e 2002/03.

Fonte: Castro & Oliveira (2005, dados não publicados).

## Micronutrientes

De modo geral, o micronutriente mais limitante ao cultivo do girassol é o boro, causando desde sintomas leves ou imperceptíveis (fome oculta), até a perda total da produção pela queda dos capítulos. Contudo, não é frequente a ocorrência de sintomas visuais e de problemas nutricionais associados aos demais micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn), em condições de lavoura, tendo em vista que o girassol é cultivado em solos com fertilidade adequada para o cultivo da soja ou do milho onde, de modo geral, os teores desses micronutrientes estão em concentrações superiores aos níveis considerados altos (>0,8 mg dm<sup>-3</sup> de Cu, >5,0 mg dm<sup>-3</sup> Mn e > 1,6 mg dm<sup>-3</sup> Zn, utilizando como extrator o Mehlich 1 e >12 mg dm<sup>-3</sup> de Fe, utilizando como extrator o DTPA).

Em alguns casos tem-se observado a ocorrência de deficiência de molibdênio quando o girassol é cultivado em solos ácidos, apesar das pequenas quantidades requeridas pela cultura. Nesse caso, o problema é a indisponibilidade para as plantas das formas do nutriente presentes nos solos com pH ácido e não a carência *per se* do nutriente no solo.

## **Boro**

### ♦ O boro no solo

O boro ocorre na fase sólida do solo como constituinte de rochas e minerais, adsorvido à superfície de argilas e sesquióxidos, e em ligações com a matéria orgânica. O boro presente na solução do solo, é o único nutriente que não se encontra normalmente dissociado na faixa de pH adequada ao desenvolvimento das plantas, apresentando-se como uma molécula de ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) ou  $B(OH)_4^-$  (Oertli & Grgurevic, 1975; Evans & Sparks, 1983). A disponibilidade de boro é influenciada, principalmente, pela textura, umidade, matéria orgânica, condutividade elétrica e reação do solo, que determinam a relação entre as formas de B na fase sólida e na solução do solo e, conseqüentemente, a possibilidade de sua absorção pelas plantas (Kumar et al., 1993).

Segundo Evans & Sparks (1983), a sua disponibilidade no solo é aumentada com a elevação do pH de 4,7 para 6,7. Nas condições próximas à neutralidade, a disponibilidade de boro às plantas é máxima, sendo reduzida em solos alcalinos. Contudo, nos solos corrigidos com doses elevadas de calcário, é mais comum o aparecimento de sintomas de deficiência de B. Estudos mostram comportamento semelhante do boro e do fósforo, com decréscimo dos seus teores nas plantas, em função do aumento do pH. Esse comportamento suporta a hipótese de que o íon borato e o íon fosfato são precipitados juntamente com o hidróxido de alumínio ou adsorvidos por ele, já que o hidróxido é prontamente precipitado com o aumento do pH, em função da reação com o calcário aplicado no solo (Bartlett & Picarelli, 1973; Bloesch et al., 1987).

A adsorção de boro é intensificada com o aumento do pH, da temperatura, do teor de materiais adsorventes, tais como óxidos de ferro e de alumínio, minerais de argila, além da matéria orgânica, do hidróxido de magnésio e o do carbonato de cálcio, e com a diminuição da umidade do solo (Goldberg, 1993). Existe alta correlação entre o conteúdo de argila e a adsorção máxima de B (Goldberg, 1997). Alleoni (1996), trabalhando com cinco solos do Estado de São Paulo, observou que a porcentagem de boro adsorvido

pelos Latossolos argilosos foi superior à dos Argissolos Vermelho-Amarelos que, por sua vez, foi superior à dos latossolos de textura média. A aplicação de carbonato de cálcio, no entanto, promoveu aumento na quantidade de B adsorvido independentemente do tipo de solo, sendo mais pronunciado o efeito nos Latossolos de textura média.

Para Goldberg & Glaubig (1985), a adsorção de B em óxidos de Fe e Al, em suas formas cristalina ou amorfa, é fortemente dependente do pH, com taxa máxima entre 7 e 8. A adsorção do boro no solo alcança o máximo ao redor de pH 9, decrescendo a partir desse ponto (Keren et al., 1981). O boro torna-se menos disponível para as plantas em solos ácidos submetidos à calagem, podendo resultar em sintomas de deficiência do nutriente (Gupta, 1993). Esses sintomas de deficiência estão mais relacionados à maior adsorção de B pelo aumento do pH do que pelo aumento dos níveis de cálcio e de magnésio do solo (Gupta & MacLeod, 1977; Gupta & MacLeod, 1981; Lehto & Mälkönen, 1994).

Como a absorção do B pelas plantas depende da sua concentração na solução do solo, observa-se que vários fatores que ocorrem normalmente em lavouras cultivadas em condições de safrinha ou em situações de veranicos, nas principais regiões agrícolas do País, como altas temperaturas e redução da umidade do solo, entre outros, podem explicar a maior frequência de aparecimento dos sintomas de deficiência do nutriente nessas condições.

Entre os diversos fatores que governam a disponibilidade do boro no solo, alguns não são controlados, mas as práticas culturais adequadas podem atenuar a ação do meio sobre o nutriente, aumentando sua disponibilidade às plantas, principalmente pelo manejo da matéria orgânica, da conservação da água no perfil do solo e da acidez.

#### ♦ O boro na planta

O contato do boro com as raízes das plantas ocorre, principalmente, por fluxo de massa (Loué, 1993; Malavolta et al., 1997). No entanto, a absorção e a concentração interna de boro nas raízes é governada pelo equilíbrio da difusão do ácido bórico da solução externa, através da membrana plasmática e subsequente formação de complexos cis-diol, sem a necessidade de envolvimento de um transporte ativo do B (Kochian, 1991; Shelp, 1993), que se encontra na forma molecular (Oertli & Grgurevic, 1975).

Apesar do papel do boro no metabolismo das plantas estar ainda sujeito a consideráveis debates, os aspectos funcionais do B estão estreitamente ligados a estrutura primária da parede celular e a função da membrana

(Blevins & Lukaszewski, 1998; Moraes et al., 2002; Power & Woods, 1997). Para Hu & Brown (1997), a sua deficiência resulta em rápida inibição no crescimento das plantas. Essa inibição ocorre como consequência de dois importantes aspectos da fisiologia do B: sua função estrutural específica da parede celular e sua pequena mobilidade na maioria das espécies. Na ausência, ocorre uma redução na síntese de pectina, celulose e lignina na parede das células do lenho, tornando-as mais finas (Epstein & Bloom, 2005). Em condições de campo, esses fenômenos bioquímicos e fisiológicos traduzem-se em possibilidade de quebra das plantas e perda da produtividade.

Outro efeito importante causado pela carência de boro, é a inibição da alongação das raízes, devido a problemas na divisão celular e alongação das células, tornando-as grossas e com as pontas necróticas (Loué, 1993; Marschner, 1995). Esse efeito reduz o volume de exploração do sistema radicular e, conseqüentemente, a disponibilidade de água e dos demais nutrientes, afetando, de forma direta uma das principais características da planta de girassol, que é o desenvolvimento do sistema radicular. Assim, principalmente em áreas de lavouras sujeitas ao déficit hídrico, como em condições de safrinha, além do calcário e do enxofre, torna-se adequado a distribuição do boro no perfil do solo, para que ocorra o melhor desenvolvimento do sistema radicular.

Em função da baixa mobilidade dentro da planta, os sintomas de deficiência de B manifestam-se primeiramente nos tecidos jovens, recém formados (Adriano, 1986; Calle-Manzano, 1985). Segundo Gil Martinez (1995), o primeiro sintoma a aparecer é a morte do ápice dos brotos e das raízes, por seu requerimento na síntese de DNA, provocando o crescimento das brotações laterais, nas quais repete-se o mesmo fenômeno. Como resultado, ocorre o rompimento dos vasos condutores, e as plantas afetadas adquirem uma formação típica de roseta, com as folhas enrugadas e deformadas e as flores malformadas (Calle-Manzano, 1985). Os órgãos de armazenamento caem afetados pelo apodrecimento interno e, em alguns casos, ocorre a formação de frutos e de sementes totalmente anormais. Este último fenômeno ocorre em função da maior necessidade de boro para as estruturas reprodutivas do que para as vegetativas (Gil Martinez, 1995).

Baseado na similaridade estrutural entre as moléculas de  $Al(OH)_3$  e  $B(OH)_3$  e nos sintomas característicos de plantas estressadas pelo alumínio e de plantas com deficiência de boro, principalmente nos aspectos ligados à parede celular, função das membranas e crescimento radicular, Blevins

(1987) propôs que o alumínio pode exercer um efeito tóxico pela indução da deficiência de boro às plantas. O contrário também foi observado por LeNoble et al. (1996), onde a adubação com B, em solo com alto teor de Al, promoveu um crescimento significativo do volume de raízes com consequente aumento do volume de solo explorado.

O transporte do boro das raízes para a parte aérea ocorre através do xilema e está relacionado com a taxa de transpiração, conforme observado pelo gradiente acropetal de distribuição do nutriente dentro da plantas. O B é o único nutriente cuja remobilização dentro da planta varia entre as espécies (Brown & Hu, 1996). Para a maioria das espécies, é imóvel, independente do estágio de crescimento ou do ambiente onde a planta se desenvolve. Entretanto, em algumas espécies que sintetizam itóis, que são álcoois derivados de açúcares, como sorbitol, manitol e dulcitol, o boro pode formar complexos B-itóis, tornando-o móvel no floema. Finalmente, num terceiro grupo de espécies, a remobilização é dependente do suprimento de boro (Dordas et al., 2001).

#### ♦ Exigências nutricionais em boro na cultura do girassol

O girassol é reconhecidamente uma espécie caracterizada pela pouca eficiência no aproveitamento do boro no solo (Blamey & Chapman, 1982). No entanto, existem variações significativas na eficiência de absorção de B entre os genótipos de girassol (Furlani et al., 1990). Comparado com outras plantas, o girassol tem uma alta exigência e, por essa razão, tem sido usada como uma planta teste para avaliar a disponibilidade desse nutriente no solo (Schuster & Stephenson, 1940). Contudo, a alta exigência de B pode ser melhor compreendida quando se observa não só os teores considerados adequados do nutriente nas folhas ou nos grãos, semelhantes aos da soja, mas sim o índice de colheita e o acúmulo de matéria seca das plantas. Enquanto uma planta de girassol apresenta, em média, em torno de 200 g de matéria seca da parte aérea, uma planta de soja apresenta, em média, 25 g, determinando uma quantidade elevada do nutriente acumulada individualmente pelas plantas.

O B é o nutriente que mais freqüentemente tem ocasionado problemas nutricionais na cultura do girassol. Os sintomas ocorrem, principalmente, nas fases de florescimento e de enchimento de aquênios e caracterizam-se pelo crescimento reduzido das folhas jovens, que ficam deformadas e pálidas, evoluindo para uma coloração bronzeada, e, finalmente, tornando-se necróticas, espessas e quebradiças. No caule, principalmente, em situações de estresse hídrico, aparecem pequenos cortes transversais, logo abaixo da inserção dos capítulos, podendo provocar sua queda

total. Assim, o principal apoio, como ponto de partida para a definição das doses mais indicadas de fertilizantes, é a análise de solo, a análise foliar e as produções dos cultivos anteriores, que são bons indicadores da fertilidade do solo (Castro et al., 1996).

Nos capítulos, os sintomas podem aparecer desde o início da formação, determinando a redução do tamanho, a deformação em vários níveis e, em condições de estresse severo, provocar sua queda (Fig. 13).



**Fig. 13.** Quebra do caule, em função da deficiência de boro.

Entretanto, é freqüente a redução da produtividade das lavouras por deficiência de B, sem que sejam observados sintomas típicos nas folhas (Fig. 14) e nos capítulos, mas identificados pela presença de grãos chochos na região central, resultando em menor número de aquênios por capítulos e menor peso de aquênios. Essa deficiência ocorre, com mais freqüência, em solos que receberam calcário em dose excessiva, em solos com baixos teores de matéria orgânica e em solos arenosos, principalmente em períodos de estresse hídrico. No entanto, a presença de grãos chochos no centro dos capítulos pode ser devida a outros fatores, que não o boro diretamente, como característica do próprio genótipo.

Segundo Sfredo et al. (1984), trabalhando em solos de Londrina, PR, o teor de boro nas folhas considerado suficiente para o girassol foi de  $40 \text{ mg kg}^{-1}$ , enquanto nos aquênios foi de  $12 \text{ mg kg}^{-1}$  (Sfredo & Sarruge, 1990). Os níveis de suficiência de B nas folhas e aquênios, estabelecidos por Blamey



**Fig. 14.** Deficiência de boro em folha de girassol.

(1977), foram de  $47 \text{ mg kg}^{-1}$  e  $16 \text{ mg kg}^{-1}$ , respectivamente. Machado (1979) encontrou um teor adequado em torno de  $50 \text{ mg kg}^{-1}$  nas folhas.

Na Espanha, é comum o aparecimento de deficiência de boro e queda da produtividade de lavouras de girassol que apresentam concentrações de boro nas folhas menores que  $34 \text{ mg kg}^{-1}$  (Gonzalez-Fernández et al., 1985). Segundo os mesmos autores, não se espera o aparecimento de sintomas de deficiência em plantas, quando o teor de boro no solo, solúvel em água quente, for superior a  $0,26 \text{ mg dm}^{-3}$ .

O sistema de cultivo pode influenciar na disponibilidade de B dos solos, uma vez que altera a dinâmica da matéria orgânica do solo. Contudo, em trabalhos conduzidos no Estado do Paraná (Castro et al., 2004b), com semeadura convencional, e nos Estados de Goiás e do Mato Grosso do Sul (Castro et al., 2004a) em semeadura direta, em solos com teores baixos do nutriente, a adubação com boro, tanto no solo como foliar, não aumentou significativamente a produtividade do girassol (Tabela 6). Além das diferenças no sistema de cultivo, houve variação ambiental, com déficit hídrico severo na região de Londrina e disponibilidade hídrica adequada nos Cerrados.

Na situação de estresse hídrico, a água foi o principal fator limitante ao desenvolvimento das plantas, alcançando produtividade média de 1.308

**Tabela 6.** Produtividade do girassol<sup>1</sup>, em função da aplicação de doses de B no solo, complementada com a aplicação de B via foliar em dose única<sup>2</sup> ou parcelada<sup>3</sup>, em Londrina, PR, em Chapadão do Céu, GO e Chapadão do Sul, MS, safra 2002/03.

Doses B via solo (kg ha <sup>-1</sup> )	Londrina			Chapadão do Céu			Chapadão do Sul		
	Dose de B via foliar (kg ha <sup>-1</sup> )								
	0,0	0,4 <sup>2</sup>	2 x 0,4 <sup>3</sup>	0,0	0,4 <sup>2</sup>	2 x 0,4 <sup>3</sup>	0,0	0,4 <sup>2</sup>	2 x 0,4 <sup>3</sup>
0	1294	1335	1373	2172	2234	2247	2745	2623	2412
1,5	1245	1258	1365	2215	2171	2155	2532	2528	2668
3,0	1285	1324	1382	1973	2101	2182	2739	2758	2472
4,5	1417	1250	1254	2019	2101	2235	2555	2668	2570
6,0	1331	1281	1226	2040	1971	2138	2807	2653	2652
Média	1314	1290	1320	2084	2116	2191	2676	2646	2555

<sup>1</sup> Em Londrina e Chapadão do Céu foi utilizado o híbrido M 734 e em Chapadão do Sul o híbrido Agrobrel 960.

<sup>2</sup> Adubação foliar aos 27 dias após a emergência (DAE).

<sup>3</sup> Parcelada em duas aplicações aos 27 DAE e no estágio R4/R5.

kg ha<sup>-1</sup>. No entanto, não foram observados sintomas de deficiência na ausência de aplicação de boro via solo ou via foliar. Apesar dos teores baixos de B no solo, de 0,21 mg dm<sup>-3</sup>, a disponibilidade do nutriente para as plantas foi adequada, com teores médios de B nas folhas, em torno de 49 mg kg<sup>-1</sup>. O teor adequado do nutriente nas folhas e a baixa produtividade de aquênio caracterizam a menor produção de matéria seca total e o efeito de concentração.

Nos experimentos realizados nos Cerrados dos Estados de Goiás e Mato Grosso do Sul, no período indicado pelo zoneamento agroclimático para a cultura na região e com condições edafoclimáticas favoráveis, foram verificadas produtividades médias elevadas, de 2.130 kg ha<sup>-1</sup> e 2.626 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, e também, ausência de resposta à adubação com boro. Apesar dos teores baixos de B no solo, menores que 0,20 mg dm<sup>-3</sup>, a disponibilidade para as plantas foi adequada, e os teores nas folhas variaram de 77 mg kg<sup>-1</sup> na ausência de adubação, para 89 mg kg<sup>-1</sup> nas doses de 6,0 kg ha<sup>-1</sup> de B no solo, independente da adubação foliar. Houve, portanto, um consumo de luxo, pois o nutriente foi absorvido mas não resultou em aumentos de produtividade. Esta falta de resposta à adubação deve estar relacionada à matéria orgânica, com teores médios de carbono de 24,7 g kg<sup>-1</sup>, na profundidade de 0 a 10 cm, além da distribuição adequada de chuvas durante as principais fases de desenvolvimento e ao volume de solo explorado pelo sistema radicular das plantas.

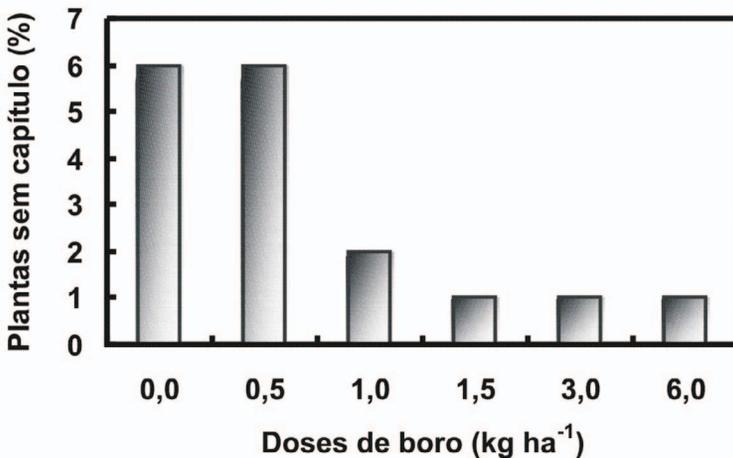
No campo, em solos de textura média ou argilosa, com teor adequado de matéria orgânica, e sem déficit hídrico, os efeitos visíveis da deficiência de boro no desenvolvimento vegetativo do girassol somente ocorrem se a mesma for severa. Segundo Gupta (1993), a umidade do solo parece afetar a disponibilidade do boro mais do que a de qualquer outro nutriente, devido a diminuição do movimento por fluxo de massa da solução do solo em direção às raízes das plantas e uma menor difusão dos solutos na solução do solo em contato com as raízes, determinando uma menor absorção de água e de nutrientes, e limitando o fluxo transpiratório, responsável pelo transporte dos nutrientes para a parte aérea das plantas, mesmo que haja um suprimento adequado de boro no solo.

Em condições de moderada deficiência de B, o desenvolvimento vegetativo das plantas de girassol pode ser normal, e as concentrações foliares ligeiramente baixas, porém o rendimento de grãos pode ser reduzido drasticamente. Numerosas observações têm levado à conclusão de que a necessidade de boro para a produção de sementes é muito maior que a exigência para o crescimento vegetativo, notadamente das folhas (Gupta, 1993;

Marschner, 1995). Esse comportamento pode explicar porque até o florescimento, normalmente não aparecem sintomas evidentes de deficiência de B nas plantas. Contudo, inflorescências bonitas não se traduzem, necessariamente, em grandes produções de aquênios. Nessa fase, o nutriente é requerido para a germinação do grão de pólen e também para o crescimento do tubo polínico (Blevins & Lukaszewski, 1998), de modo que a deficiência nutricional impede a fertilização, resultando na formação de sementes chochas em alta porcentagem dos capítulos, e redução da produtividade do girassol (Calle-Manzano, 1985).

Estudos conduzidos por Díaz-Zorita (1997), citado por Díaz-Zorita & Duarte (2002) na Argentina, descrevem melhores respostas à adubação com boro no solo em safras com baixa pluviosidade, do que em safras com disponibilidade de água adequada.

Castro et al. (2003), trabalhando com métodos de aplicação de B via solo e em associação com uma ou duas aplicações de B via foliar, em solos com duas saturações por base, observaram respostas significativas para a aplicação de B no solo. Nas condições climáticas durante o ciclo da cultura, com forte estresse hídrico a partir do florescimento, foi verificado um gradiente decrescente de severidade dos sintomas de deficiência de B nas plantas adubadas com o nutriente no solo, incluindo a redução da queda de capítulos (Fig. 15). Contudo, para as mesmas condições de disponibilidade de boro no solo, não houve diferenças no número de plantas decapi-



**Fig. 15.** Porcentagem de plantas sem capítulos, em função de doses de boro aplicadas no solo. Rondonópolis, MT, 2003.

Fonte: Castro et al. (2003).

tadas em resposta à adubação foliar. Assim, em condições de estresse hídrico, os teores de B mais elevados no solo reduzem o efeito mais drástico da deficiência nas plantas, que é a queda do capítulo e perda total da produção.

Para a maioria das plantas, é baixa a remobilização de boro das folhas maduras para as partes jovens das plantas, independente do suprimento de boro ou das condições ambientais (Dordas et al., 2001). Contudo, devido ao aumento da exigência durante os estádios reprodutivos do girassol (Calle-Manzano, 1985; Blevins & Lukaszewski, 1998), o suprimento de B do solo precisa ser contínuo durante todo o ciclo da cultura. Caso haja necessidade de aplicações foliares, as mesmas deverão ser feitas diretamente nos tecidos em desenvolvimento.

Estudos realizados em Londrina, PR e em Chapadão do Céu, GO, sob condições de baixa disponibilidade do nutriente no solo, não demonstraram efeitos significativamente positivos sobre a produtividade dos híbridos de girassol M 742 e M 734, respectivamente, para a aplicação de B via foliar em dose única ou parcelada (Tabela 7). Outras variáveis analisadas, como altura de planta, peso de 1.000 aquênios, teor de óleo e número de aquênios por planta também não foram influenciados pela adubação.

**Tabela 7.** Produtividade do girassol, em função da adubação foliar com boro\*, aplicado em dose única ou parcelada, em Londrina, PR e no Chapadão do Céu, GO, safra 2002/03.

Doses B kg ha <sup>-1</sup>	Londrina	Chapadão do Céu	Doses B kg ha <sup>-1</sup>	Londrina	Chapadão do Céu
	2003			2003	
	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )			Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	
0,0	1343	1942	0,0	1330	1956
0,4	1388	2007	0,2+0,2	1290	1905
0,6	1251	1889	0,3+0,3	1265	2048
0,8	1282	2020	0,4+0,4	1378	2062
1,0	1269	1926	0,5+0,5	1367	1949
Média	1306	1957		1326	1984

\* Adubação foliar aos 30 e 25 dias após a emergência (DAE) ou parcelada em duas aplicações aos 30 e 25 DAE e no estádio R5, em Londrina, PR e em Chapadão do Céu, GO, respectivamente.

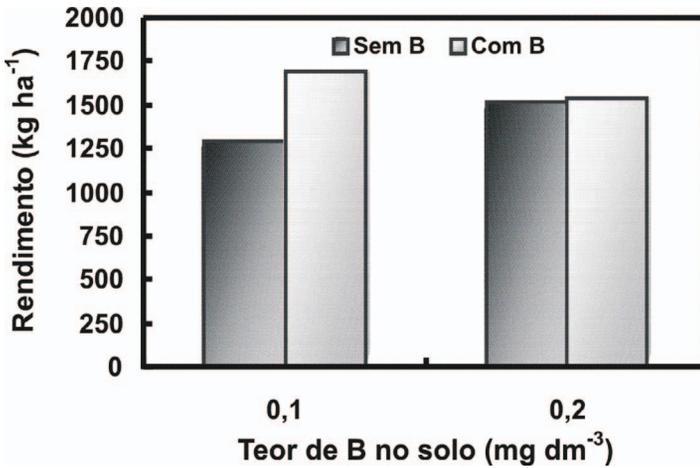
Fonte: Castro et al. (2004b).

No município de Londrina, PR, não houve alteração do estado nutricional do boro nas folhas, independente da adubação foliar com o nutriente. Apesar da baixa disponibilidade no solo ( $0,24 \text{ mg dm}^{-3}$ ), os teores foliares médios foram de  $58 \text{ mg kg}^{-1}$  de B, considerados adequados para a cultura do girassol, indicando que até o período da amostragem de folhas, no início do florescimento, o suprimento de boro pelo solo estava adequado. A produtividade foi limitada pelo déficit hídrico ocasionado pela distribuição irregular de chuvas, provavelmente associado à diminuição da absorção de B pelas plantas nos estádios posteriores, no florescimento e no enchimento de aquênios. Nessa situação, os teores do nutriente nas folhas podem ter aumentado com a segunda aplicação foliar, entretanto, sem influenciar nas produtividades.

Em Goiás, a semeadura do girassol foi efetuada no período recomendado para a cultura na região, com pluviosidade até o final do ciclo de 577 mm, resultando em ausência de resposta à adubação foliar e produtividade média de  $1970 \text{ kg ha}^{-1}$ . Os teores de B variaram de  $73 \text{ mg kg}^{-1}$  a  $88 \text{ mg kg}^{-1}$ , da ausência de adubação para a maior dose, respectivamente. Estes teores são considerados adequados e demonstram que não havia deficiência de boro no solo, apesar do diagnóstico de disponibilidade baixa indicado pela análise do solo, com teor de  $0,19 \text{ mg dm}^{-3}$  de B no solo.

Díaz-Zorita & Duarte (1998), avaliando o efeito da adubação foliar em girassol observaram que em solos com  $0,10 \text{ mg dm}^{-3}$  de B houve resposta ao tratamento para o incremento da produção de aquênios. Contudo, não houve aumento da produção de aquênios nas áreas com teores superiores a  $0,20 \text{ mg dm}^{-3}$  de B no solo (Fig. 16). Esses resultados demonstram a importância do teor de boro no solo para o cultivo do girassol. No mesmo trabalho, foram observadas quedas de capítulos nas plantas cultivadas nos solos com baixos teores, independente da aplicação foliar. Castro et al. (2000) observaram que sob condições de estresse hídrico, a aplicação de boro via foliar, influenciou as variáveis estudadas, apenas na ausência de adubação boratada no solo, quando o teor original do nutriente era de  $0,27 \text{ mg dm}^{-3}$ .

Uma questão importante que, de modo geral, não é levada em consideração na prática da adubação foliar é que, até os trinta dias após a emergência das plantas, quando ainda é possível promover pulverizações mecanizadas na lavoura, a área de cobertura do solo pelas plantas não supera 50%, devido ao crescimento inicial reduzido do girassol, de maneira que o alvo principal das gotículas da calda de aplicação foliar, é o solo. Portanto, dependendo das doses empregadas e do número de apli-



**Fig. 16.** Rendimento de aquênios, em função da aplicação de boro foliar em sete regiões do noroeste bonaerense da Argentina, em solos classificados pelos teores de boro no solo

Fonte: Díaz-Zorita & Duarte (1998).

cações, o efeito na nutrição das plantas, principalmente, nas partes jovens em desenvolvimento, pode ser devido ao nutriente adicionado ao solo e absorvido pelas raízes, e não pela remobilização do boro acumulado nos tecidos maduros.

Em solos de textura argilosa, com altos teores de matéria orgânica, sem limitação física ou química para o crescimento das raízes e sem restrição hídrica nas principais fases de desenvolvimento do girassol, a aplicação foliar de B não apresenta efeito significativo sobre a produtividade. Não obstante a falta de respostas significativas, essa prática merece maior atenção e estudo em plantas com sintomas de deficiência no início do florescimento, principalmente em situações de déficit hídrico. Outra questão é a possibilidade de fitotoxicidade ao boro, pela aplicação foliar de B. Os sintomas são caracterizados por queima dos bordos das folhas, principalmente na ponta, onde ocorre maior acúmulo da calda. O sintoma é semelhante ao de fitotoxicidade provocado pela aplicação de quantidades elevadas de B no solo. Entretanto, este fenômeno ocorre a partir da absorção do boro pelas raízes e sua movimentação acropetal através do xilema, até as folhas, enquanto o sintoma verificado pela aplicação foliar ocorre pelo contato direto e pelo acúmulo do produto com a superfície das folhas. A adubação foliar não deve ser realizada sem recomendação técnica, sob pena de elevar os custos de produção sem o aumento da produtividade do girassol.

De maneira geral, nos resultados de análises de solos tanto experimentais quanto de lavouras comerciais, têm-se observado a elevada frequência de ocorrência de teores baixos de boro. Levantamento feito com 10.447 amostras de solo do Laboratório de Análise de Solo e Tecido Vegetal - LASTV, da Embrapa Soja, provenientes de diferentes regiões edafoclimáticas do país e coletadas desde 1999 em diferentes profundidades (0 - 5, 5 - 10, 10 - 15, 15 - 20 e 0 - 20 cm) mostram que em 68%, 25% e 7% dos casos, os teores de boro foram classificados como baixo, médio e alto, respectivamente. Entretanto, para a grande maioria das situações com teores baixos do nutriente, não foram verificadas respostas à adubação com boro, sintomas de deficiência e, a identificação de teores de boro adequados nas folhas indicou a possibilidade de diagnóstico incorreto da análise de solo. Esses resultados interpretados como falsos deficientes, refletem uma tendência de subestimativa da disponibilidade real de B para as plantas, ocasionada pela sua lixiviação no solo, pelo maior volume e profundidade explorada pelo sistema radicular do girassol, ou simplesmente, pela baixa correlação existente entre o boro solúvel, determinado pelo método de extração laboratorial e o boro efetivamente disponível para as plantas.

O extrator de B (água quente) vem sendo estudado desde a década de 1930 e é o método padrão de análise nos laboratórios brasileiros. A dificuldade de avaliação da disponibilidade de B, em função dos resultados da análise de solo, está relacionada à alteração na dinâmica da matéria orgânica do solo, com a adoção do sistema de semeadura direta, além das variações de umidade no perfil de solo onde se desenvolvem as raízes. O que se pode concluir desse levantamento de amostras de solo e também dos resultados dos experimentos com doses de boro é que, apesar da eficiência de extração de B do solo por água quente, o método não está sendo capaz de separar adequadamente, dentro do grupo de solos com teores baixos de B, aqueles que realmente apresentam baixa disponibilidade de boro para as plantas e que resultarão em menores teores foliares e queda na produtividade. Segundo Yamada (2004), citando levantamento dos teores de micronutrientes no solo, a baixa porcentagem de amostras de solo com teores de boro classificados como nível alto, talvez, possa sugerir a necessidade de estudos de correlação de extratores de B do solo com a disponibilidade para as plantas.

A adubação do solo é a forma mais racional de manejo da fertilidade, porque corrige a disponibilidade do nutriente para o conjunto de culturas na mesma área, impedindo o aparecimento da deficiência e, evitando operações mecanizadas adicionais na lavoura em desenvolvimento.

Segundo Yamada (2000), as doses de boro atualmente aplicadas podem não fornecer a concentração adequada na solução do solo, para o ótimo desenvolvimento das plantas, principalmente em solos argilosos e com excesso de calcário.

Segundo Blamey et al. (1979), embora o girassol seja particularmente sensível à deficiência de boro, ela é relativamente fácil de ser corrigida. Na África do Sul, adubações com  $1,0 \text{ kg ha}^{-1}$  em solos arenosos e de  $3,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de B em solos argilosos, têm sido consideradas como adequadas para eliminar as deficiências de boro em cultivares sensíveis.

Quaggio & Ungaro (1997) recomendam a aplicação de  $1,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de B, em solos com teores de B até  $0,20 \text{ mg dm}^{-3}$ , e  $0,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de B, em solos com teores de B entre  $0,21$  e  $0,60 \text{ mg dm}^{-3}$ . Ungaro (2000) indica que solos que tenham recebido calagem e/ou com teor de boro no solo inferior a  $0,26 \text{ mg dm}^{-3}$ , devam receber suplementação com o nutriente na semeadura através de formulações que contenham boro ou, aplicado aos 20 dias após a emergência, misturando-se  $10 \text{ kg}$  de ácido bórico com o adubo nitrogenado, utilizado em cobertura.

Para a correção da deficiência de B identificada pela análise de solo, Castro et al. (1996) recomendam a aplicação de  $1,0$  a  $2,0 \text{ kg ha}^{-1}$  do nutriente, juntamente com a adubação de base ou com a adubação de cobertura, principalmente nas áreas onde já foi detectada a sua deficiência. Este limite deve ser respeitado sob risco de indução de toxicidade para culturas em sucessão menos exigentes em boro, principalmente em solos arenosos. Contudo, nos solos argilosos, não foram observados sintomas de toxicidade de B até a dose de  $6,0 \text{ kg ha}^{-1}$ , indicando que os limite entre os teores que causariam deficiência e aqueles que causariam toxidez na cultura do girassol não são tão estreitos.

Como as quantidades aplicadas são, geralmente, pequenas, para que haja distribuição uniforme de boro na lavoura, pode-se utilizar a pulverização com fontes solúveis de boro. Brighenti & Castro (2004) estudando o efeito da aplicação conjunta de graminicida e ácido bórico e Brighenti et al. (2004) de herbicidas dessecantes e de ácido bórico, em pré-semeadura do girassol, observaram a viabilidade técnica desta prática, a ser efetuada em solos com baixo teor de B, pois além do controle das plantas daninhas exercido pelo herbicida, o teor do nutriente no solo foi aumentado, juntamente com a disponibilidade para o girassol, evidenciado pelo aumento dos teores foliares.

## Molibdênio

O molibdênio é o micronutriente menos abundante no solo, com teores totais variando de 0,013 a 17 mg g<sup>-1</sup> (Raij, 1991). Nos solos ácidos, o molibdênio apresenta-se na forma aniônica HMoO<sub>4</sub><sup>-</sup>, podendo ser adsorvido por óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, da mesma forma que o fosfato e o sulfato. Assim, a elevação do pH pela calagem promove a liberação do molibdato adsorvido, elevando sua disponibilidade às plantas (Fig. 1), e evitando problemas de deficiência nutricional. Em solos ácidos e normalmente compactados, no entanto, os sintomas de deficiência do nutriente são comuns e tornam-se visíveis desde os estádios iniciais de desenvolvimento das plantas.

O Mo entra em contato com as raízes por fluxo de massa (Malavolta et al., 1997), e é absorvido e transportado para a parte aérea, principalmente para as folhas, onde atua como constituinte da redutase do nitrato, enzima responsável pela transformação do nitrogênio nítrico em amoniacal, primeira etapa do processo de incorporação do nitrogênio em compostos orgânicos.

O molibdênio é pouco móvel no floema e os sintomas de sua deficiência estão associados ao amarelecimento das folhas, claramente relacionado com as suas funções no metabolismo do nitrogênio na planta. Segundo Blamey et al. (1987), os sintomas são mais freqüentes em plântulas e iniciam-se nas folhas velhas que apresentam clorose distribuída uniformemente, destacando-se as nervuras mais verdes. Contudo, com a evolução da deficiência, as folhas jovens apresentam menor desenvolvimento e as bordas do limbo voltam-se para cima, semelhante à forma de “colher” (Fig. 17), permitindo fácil identificação.

O acompanhamento da fertilidade do solo e a manutenção da acidez do solo controlada pela aplicação de quantidades adequadas de calcário são as principais práticas para prevenir o aparecimento das deficiências de molibdênio (Ver **Correção da Acidez**). Entretanto, para suprir necessidades emergenciais, caso identifique-se os sintomas de deficiência no girassol, pode ser adotada a adubação foliar com molibdênio. Essa prática corrige as deficiências, porém, o aparecimento dos sintomas indica interferências no desenvolvimento das plantas que apresentarão menor altura final.

A aplicação de 50 g ha<sup>-1</sup> de molibdato de sódio dissolvido em 100 L de calda promove rápida recuperação dos sintomas (Blamey & Chapman, 1979). Em solos ácidos, a dose deve ser elevada para 280 g ha<sup>-1</sup> de molibdato



**Fig. 17.** Deficiência de molibdênio em planta de girassol, em função do pH do solo.

de sódio (Dale, 1984<sup>1</sup>, citado por Blamey et al., 1997). Também no Paraná, a deficiência de Mo em girassol cultivado em solo ácido tem sido corrigida, utilizando-se o molibdato de sódio, na mesma dosagem indicada por Blamey & Chapman (1979). Contudo, a adubação foliar não corrige o principal problema, que é a acidez do solo e, nos casos mais severos, pode ser necessária mais de uma aplicação de molibdato, nas mesmas doses recomendadas.

### Considerações finais

O desempenho de uma lavoura de girassol de elevado potencial produtivo está diretamente relacionado ao manejo adequado da fertilidade do solo, considerando o sistema de rotação e sucessão de culturas, além dos fatores ambientais, como a distribuição de água uniforme durante o ciclo da cultura.

Tendo em vista que o girassol é, geralmente, cultivado em áreas com agricultura já estabelecida com soja, milho, algodão, entre outras, as maiores produtividades podem ser obtidas com quantidades relativamente peque-

<sup>1</sup> Dale, A.B. *Sunflower growing*. NSW Dep. Agric. Agdex, v.145, n.20, p.1-30, 1984.

nas de nitrogênio, fósforo ou potássio, suficientes para a reposição das exportações e, com a avaliação da necessidade de adubação, em especial, com B nos cultivos em safrinha.

Por questões fitossanitárias (Seção 17 - Manejo de Doenças do Girassol), o girassol não deve ocupar áreas superiores a 25% da propriedade, permitindo-se selecionar as áreas com menores problemas de fertilidade para a instalação das lavouras, com custos de produção reduzidos, em virtude do menor consumo de fertilizantes.

Devido às características da cultura, que se apresenta como melhoradora da fertilidade do solo, por promover uma ciclagem de nutrientes através da exploração de um maior volume de solo, aliado à baixa exportação de macro-nutrientes, com destaque para o potássio, o girassol constitui uma excelente alternativa para a rotação de culturas. No sistema de produção, o papel do girassol é importante não só pela produção de grãos, mas também pela produção de matéria seca com baixa relação C/N das folhas e do capítulo, que constituem ao redor de 50% da matéria seca da parte aérea, favorável à decomposição, e liberação rápida de nutrientes para a cultura que o sucede.

A produção no Brasil e, principalmente na região Centro-Oeste, é freqüentemente reduzida em solos ácidos e com baixos teores de boro. Essas condições de solo têm uma menor interferência no desenvolvimento e na produção das culturas que, normalmente, antecedem o girassol, como a soja ou o milho, possivelmente pela época de cultivo em condições ambientais mais favoráveis. Essa maior sensibilidade deve-se, portanto, ao maior dimensionamento dos fatores restritivos à cultura, em razão da menor umidade do solo verificada nas condições de safrinha, e que determinam a redução da disponibilidade do B e o menor desenvolvimento do sistema radicular, também associado à presença de alumínio e/ou compactação subsuperficial. Assim, o planejamento para o cultivo do girassol deve iniciar pela escolha da área com nível de fertilidade adequado e sem problemas de compactação, possibilitando o maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas e exploração de maior volume e profundidade de solo.

De maneira geral, as condições de fertilidade do solo adequadas para o cultivo do girassol não diferem significativamente das exigidas para as culturas da soja ou do milho. Assim, um bom indicativo da fertilidade do solo para o cultivo do girassol é a produtividade dos cultivos anteriores. No entanto, há maior necessidade de avaliação e controle da compactação do solo e da acidez subsuperficial que podem limitar o desenvolvimento

radicular, intensificando os problemas nutricionais associados ao déficit hídrico e reduzindo o potencial produtivo da cultura.

Para a obtenção de produtividades elevadas, o girassol deve ser cultivado em áreas sob manejo adequado das propriedades físicas e químicas do solo, e de preferência em regiões indicadas pelo zoneamento agroclimático, com menores riscos de déficit hídrico associado a temperaturas elevadas, ocorrentes, principalmente, durante o florescimento e o enchimento de aquênios.

## Referências

ADRIANO, D.C. **Trace elements in the terrestrial environment**, New York: Springer-Verlag, 1986. 533p.

ALLEONI, L.R.F. **Adsorção de boro em podzólico e latossolos paulistas**. Piracicaba, 1996. 127f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ALVAREZ, V.V.H.; RIBEIRO, A.C. Calagem. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais** – 5ª aproximação. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p.43 – 60.

BARTLETT, R.J.; PICARELLI, C.J. Availability of boron and phosphorus as affected by liming an acid potato soil. **Soil Science**, v.116, n.2, p.77-83, 1973.

BATAGLIA, O.C.; DECHEN, A.R.; SANTOS, W.R. dos. Diagnose visual e análise de plantas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., 1992, Piracicaba. **Adubação, produtividade e ecologia**: anais. Campinas: Fundação Cargill, 1992. p.369-393 (Série Técnico-Científica, 180). Coordenado por Antonio Roque Dechen, Antonio Enedi Boaretto, Francisco da Costa Verdade.

BEAUFILS, E.R. **Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition**. Pietermaritzburg: University of Natal South Africa, 1973. 132p. (Soil Science Bulletin, 1).

BLAMEY, F.P.C. Boron nutrition of sunflower (*Helianthus annuus* L.) on Avalon medium sandy loam. **Soil and Fertilizers Abstract**. v.40, n.12, p.745, 1977.

BLAMEY, F.P.C.; CHAPMAN, J. **Molybdenum deficiency in sunflowers**. Pretoria: Government Printer, 1979. não paginado. (Government Printer. Sunflower, E.7).

BLAMEY, F.P.C.; CHAPMAN, J. Differential response of two sunflower cultivars to boron fertilization. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 10., 1982, Surfers Paradise, Australia. **Proceedings...** Surfers Paradise: Australian Sunflower Association, 1982. p.92-94.

BLAMEY, F.P.C.; MOULD, D.; CHAPMAN, J. Critical boron concentrations in plant tissue of two sunflower cultivars. **Agronomy Journal**, v.71, p.243-7, 1979.

BLAMEY, F.P.C.; EDWARDS, D.G.; ASHER, C.J. **Nutritional disorders of sunflower**. Queensland: Department of Agriculture, University of Queensland, 1987. 72p.

BLAMEY, F.P.C.; ZOLLINGER, R.K.; SCHNEITER, A.A. Sunflower production and culture. In: SCHNEITER, A.A. (Ed.). **Sunflower technology and production**. Madison: American society of Agronomy, 1997. p.595-670.

BLEVINS, D.G. Future developments in plant nutrition research. In: BOERSMA, L.L. (Ed.). **Future developments in soil science research**. Madison: Soil Science Society of America, 1987. p.445-458.

BLEVINS, D.G.; LUKASZEWSKI, K.M. Boron in plant structure and function. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.49, p.481-500, 1998.

BLOESCH, P.M.; BELL, L.C.; HUGHES, L.D. Adsorption and desorption of boron by goethite. **Australian Journal Soil Research**, v. 25, p.377-390, 1987.

BORKERT, C.M.; SFREDO, G.J.; FARIAS, J.R.B.; CASTRO, C.de; SPOLADORI C.L.; TUTIDA, F. Efeito residual da Adubação Potássica, sobre Girassol e Milho, em três diferentes Latossolos roxos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.32, n.12, p.1227-1234, 1997.

BORKERT, C.M.; CASTRO, C.de; OLIVEIRA, F.A. de; KLEPKER, D.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. de. O potássio na cultura da soja. In: YAMADA, T. e ROBERTS, T.L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 2005. p.671-722.

BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C.de. Graminicides and boron compatibility for volunteer corn control and mineral nutrition in sunflower. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 16., 2004, Fargo. **Proceedings...** Fargo, 2004. p.339-342.

BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C.de; VOLL, E.; GAZZIERO, D.L.P. Associação de dessecantes e boro no manejo de plantas daninhas e nutrição mineral da cultura do girassol (*Helianthus annuus*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24., 2004, São Pedro. **Anais...** Londrina: SBCPD, 2004. p.181-182.

BROWN, P.H.; HU H. Phloem mobility of boron is species dependent: Evidence for phloem mobility in sorbitol-rich species. **Annals of Botany**, v.77, p.497-505, 1996.

CALAGEM e adubação. In: REUNIÃO DA COMISSÃO CENTRO-SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 20., 2005, Londrina. **Informações técnicas da Comissão Centro-Sul Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale para a safra de 2005**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p.29-41 (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 7).

CALLE-MANZANO, C.L. de la. Carencia de boro en girasol. **Hojas Divulgadoras**, n.7, p.1-12, 1985.

CASTRO, C.de; BALLA, A.; CASTIGLIONI, V.B.R.; SILVEIRA, J.M.; OLIVEIRA, M.C.N. de; SFREDO, G.J. Fertilização N, P e K em girassol. In: REUNIÃO NACIONAL DE GIRASSOL, 10., 1993, Goiânia. **Resumos...** Campinas: IAC, 1993. p. 47.

CASTRO, C.de; CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A.; LEITE, R.M.V.B.C.; KARAN, D.; MELLO, H.C.; GUEDES, L.C.A.; FARIAS, J.R.B. **A cultura do girassol**, Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1996. 38p. (EMBRAPA-CNPSo. Circular Técnica, 13).

CASTRO, C.de; BALLA, A.; CASTIGLIONI, V.B.R.; SFREDO, G.J. Doses e métodos de aplicação de nitrogênio em girassol. **Scientia Agrícola**, v.56, n.4, p.827-833, 1999.

CASTRO, C.de; BRIGHENTI, A.M.; LEITE, R.M.V.B.C.; OLIVEIRA, F.A. Interaction of boron supplied by soil with foliar sprays in sunflower. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 16., 2004, Fargo. **Proceedings...** Fargo, 2004. p.343-346.

CASTRO, C.de; LANTMANN, A.F.; SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M.; SILVEIRA, J.M. Fertilidade do solo e nutrição mineral do girassol, em semeadura direta e convencional. In: RESULTADOS de pesquisa da EMBRAPA Soja, 2001: girassol e trigo. Londrina: Embrapa Soja, 2002. p.31-36. (Embrapa Soja. Documentos 199).

CASTRO, C.de; OLIVEIRA, F.A.; BRIGHENTI, A. M.; LEITE, R.M.V.B.C. Interação boro via solo e via foliar na cultura do girassol. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GIRASSOL, 3.; REUNIÃO NACIONAL DE GIRASSOL, 15., 2003, Ribeirão Preto. **[Anais...]**. [S.l.]: CATI, 2003. 1 CD-ROM.

CASTRO, C.de; LANTMANN, A.F.; SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M.; SILVEIRA, J.M. In: RESULTADOS de pesquisa da EMBRAPA Soja, 2003: girassol. Londrina: Embrapa Soja, 2004. p.19-27. (Embrapa Soja. Documentos 242).

CASTRO, C.de; MOREIRA, A.; ABREU, J.B. R.de. Sunflower response to water

stress and boron application. In: CONFÉRENCE INTERNATIONALE TOURNESOL, 15., 2000, Toulouse. **Actes...** Toulouse, 2000. t. 1. p.C-145-C-149.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. de.; PITTA, G.V.E.; ALVES, V.M.C.; HERNANI, L.C. Nutrição e adubação de milho. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES FILHO, A.; COELHO, A.M.; KARAM, D.; SANTANA, D.P.; MANTOVANI, E.C.; FERNANDES, F.T.; AVELAR, G. de. **Cultivo do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 1). Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicações/milho/feraduba.htm>>. Acesso em 20 jul.2005.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 4ª. aproximação. Lavras, 1989. p.122. Coordenado por Alfredo Scheid Lopes, Paulo Tácito Gontijo Guimarães.

CORREÇÃO e manutenção da fertilidade do solo. In: **TECNOLOGIAS de produção de soja - região central do Brasil 2005**. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste: Fundação Meridional, 2004. p.57-80 (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 6).

DEBAEKE, P.; TRIBOI, A.; VEAR, F.; LECOEUR, J. Crop Physiological determinants of yield in old and modern sunflower hybrids. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 16., 2004, Fargo. **Proceedings...** Fargo, 2004. p.267-273.

DÍAZ-ZORITA, M. **Fertilizacion del girassol**, Buenos Aires: INTA, 1995. 14p. (INTA. Publicacion Tecnica, 17)

DÍAZ-ZORITA, M.; DUARTE, G. A. Aplicaciones foliares de boro en girassol en el noroeste bonaerense. In REUNIÓN NACIONAL DE OLEAGINOSAS, 3., 1998, Bahia Blanca. **Actas...** Bahia Blanca, 1998. p.123-124.

DÍAZ-ZORITA, M. Nutrición mineral y fertilización In: DÍAZ-ZORITA, M.; DUARTE, G.A. (Ed.). **Manual práctico para el cultivo de girasol**. Buenos Aires : Hemisferio Sur, 2002. p.77-96.

DORDAS, C.; SAH, R.; BROWN, P.H.; ZENG, Q.; HU, H. Remobilização de micronutrientes e elementos tóxicos em plantas superiores. In : FERREIRA, M. E.; PESSÔA DA CRUZ, M.C.; VAN RAIJ, B.; ABREU, C.A de (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal : CNPq/ FAPESP/POTAFOS, 2001, p.43-69.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Mineral nutrition of plants; principles and perspectives**. Sunderland: Sinauer Associates, 2005. 400p.

EVANS, C.M.; SPARKS, D.L. On chemistry and mineralogy of boron in pure

and mixed systems: a review. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.14, n.9, p.827-846, 1983.

FAGERIA, N.K.; STONE, L.F.; SANTOS, A.B. dos. Manejo de nutrientes para a produção eficiente das culturas. In: FAGERIA, N.K.; STONE, L.F.; SANTOS, A.B. dos. **Maximização da eficiência de produção das culturas**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 131-197p.

FLECK, N.G. Sucessão e rotação de culturas. In: **GIRASSOL**: Indicações para o cultivo no Rio Grande do Sul, 1985. p.45-46

FONTES, P.C.R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: UFV, 2004. 122p.

FURLANI, A.M.C.; UNGARO, M.R.G.; QUAGGIO, J.A. Comportamento diferencial de genótipos de girassol: Eficiência na absorção e uso do boro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, p.187-94, 1990.

GACHON, L. La cinétique de l'absorption des éléments nutritifs majeurs chez le tournesol. **Annales Agronomiques**, v.23, n.5, p.547-566, 1972.

GIL MARTINEZ, F. **Elementos de fisiologia vegetal**. Madri: Ediciones Mundi-Prensa, 1995. 1146p.

GOLDBERG, S.; GLAUBIG, R.A. Boron adsorption on aluminum and iron oxide minerals. **Soil Science Society American Journal**, v.49, p.1374-1379, 1985.

GOLDBERG, S. Chemistry and mineralogy of boron in soil. In: GUPTA, U.C. (Ed). **Boron and its role in crop production**. Boca Raton: CRC Press, 1993. 236 p.

GOLDBERG, S. Reactions of boron with soils. In: DELL, B.; BROWN, P.H.; BELL, R.W. (Ed.). **Boron in soils and plants**: reviews. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997. p.35-48.

GÓMEZ-ARNAU, J. El cultivo del girasol. **Hojas divulgadoras**, n.20, p.1-31, 1988.

GONZALEZ-FERNÁNDEZ, P.; GARCIA BAUDÍN, C.; MADUEÑO ESQUINAS, T.; MELERO VARA, J.M. La deficiencia de boro en el girassol cultivado en España. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL DE GIRASSOL, 11, Mar del Plata, 1985. **Actas...** Mar del Plata: ASAGIR, 1985, p.243-8.

GUPTA, U.C. **Boron and its role in crop production**. Boca Raton: CRC Press, 1993. 236 p.

GUPTA, U.C.; MACLEOD, J.A. Influence of calcium and magnesium sources on boron uptake and yield of alfalfa and rutabagas as related to soil pH. **Soil Science**, v.124, p.279-84, 1977.

GUPTA, U.C.; MACLEOD, J.A. Plant and soil boron as influenced by soil pH and calcium sources on podzol soils. **Soil Science**, v.131, n.1, p.21-25, 1981.

HOCKING, P.J.; STEER, B.T. Uptake and partitioning of selected mineral elements in sunflower (*Helianthus annuus* L.) during growth. **Fields Crops Research**, v.6, p.93-107, 1983.

HU, H., BROWN, P.H. Absorption of boron by plant roots. **Plant and Soil**, Hague, v.193, n.1-2, 49-58p, jun. 1997.

KEREN, R.; GAST, R.G.; BAR-YOSEF, B. pH-dependent boron adsorption by Na-montmorillonite. **Soil Science Society of America Journal**, v.45, p.45-8, 1981.

KOCHIAN, L.V. Mechanisms of micronutrient uptake and translocation in plants. In: MORTVEDT, J.J.; COX, F.R.; SHUMAN, L.M.; WELCH, R.M. (Ed.) **Micronutrients in agriculture**. 2.ed. Madison: Soil Science Society of America, 1991. Cap. 8, p.229-296.

KOIDE, R. The nature of growth depressions in sunflower caused by vesicular-arbuscular mycorrhizal infection. **New Phytologist**, v.99, n.3, p.449-462, 1985.

KUMAR, M.; DAS, D.K.; MANDAL, A.B. Transformations of boron in soil and its importance in plant nutrition. **Environment & Ecology**, v.11, n.1, p.146-155, 1993.

LANTAMANN, A.F.; SFREDO, G.J.; CAMPOS, R.L.; BORKERT, C.M. Efeito residual da adubação aplicada na soja na produção do girassol. In: EMBRAPA. **Resultados de pesquisa de girassol**, 1985. Londrina, 1985. 59p. (EMBRAPA-CNPQSO. Documentos, 16).

LEHTO, T.; MÄLKÖNEN, E. Effects of liming and boron fertilization on boron uptake of *Picea abies*. **Plant and Soil**, v.163, p.55-64, 1994.

LEITE, R.M.V.B. C. **Doenças do girassol**. Londrina: EMBRAPA – CNPQSO, 1997. 61p. (EMBRAPA – CNPQSO. Curricular Técnica, 19).

LENOBLE, M.E.; BLEVINS, D.G.; MILES, R.J. Prevention of aluminum toxicity with supplemental boron. II. Stimulation of root growth in an acidic, high-aluminum subsoil. **Plant Cell and Environment**, v.19. p.1143-1148, 1996.

LOUÉ, A. **Oligo-éléments en agriculture**. Antibes: Nathan, 1993. 577p.

MACHADO, P.R. **Absorção de nutrientes por duas variedades de girassol (*Helianthus annuus* L.) em função da idade e adubação em condições de campo**. 1979. 83f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997, 319p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: Academic Press, 1995. 889p.
- MERRIEN, A. **Physiologie du tournesol**. Paris: Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropoliains, 1992. 65p.
- MORAES, L.A.C.; MORAES, V.H.F.de.; MOREIRA, A. Relação entre a flexibilidade do caule de seringueira e a carência de boro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n.10, p.1431-1436, 2002.
- OERTLI, J.J.; GRGUREVIC, E. Effect of pH on the absorption of boron by excised barley roots. **Agronomy Journal**, v.67, p.278-280, 1975.
- OLIVEIRA, F.A. de; BORKERT, C.M.; CASTRO, C.de; SFREDO, G.J. Resposta da soja à aplicação de potássio em solos de baixa CTC. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 10.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 8.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 5., 2004, Lages. **Resumos...** Lages: SBCS, 2004. 1 CD-ROM.
- PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T.; PRATT, P.F. Toxicity of Aluminum to coffee in Ultisols and Oxisols amended with  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ , and  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.46, p.993-997, 1982.
- POWER, P.P.; WOODS, W.G. The chemistry of boron and its speciation in plants. In: DELL, B.; BROWN, P.H.; BELL, R.W. (Ed.). **Boron in soils and plants: reviews**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997. p.1-14.
- PUTT, E.D. Early History of Sunflower In: SCHNEITER, A.A.(Ed.) **Sunflower science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 1997. p.1-19.
- QUAGGIO, J.A.; UNGARO, M.R.G.; GALLO, P.B.; CANTARELLA, H. Sunflower response to lime and boron. INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 11., 1985, Mar del Plata. **Proceedings...** Mar del Plata: International Sunflower Association, 1985. p.209-215
- QUAGGIO, J.A.; UNGARO, M.R.G. Girassol. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997, 198p. (IAC. Boletim Técnico, 100).
- RAIJ, B.van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres; Piracicaba: Potafos, 1991. 343p.

SCHUSTER, C.E.; STEPHENSON, R.E. Sunflower as an indicator plant of boron deficiency in soil. **Journal of the American Society of Agronomy**, v.32, p.607-621, 1940.

SFREDO, G, J. **Absorção de nutrientes por duas cultivares de girassol (*Helianthus annuus L.*) em função da idade da planta, em condições de campo**. 1983. 99f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SFREDO, G.J.; CAMPO, R.J.; SARRUGE, J.R. **Girassol: nutrição mineral e adubação**. Londrina, EMBRAPA-CNPSO, 1984. 36p. (EMBRAPA-CNPSO. Circular técnica, 8).

SFREDO, G.J.; SARRUGE, J.R. Acúmulo de micronutrientes em plantas de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.25, n.4, p.499-503, 1990.

SHELP, B.J. Physiology and biochemistry of boron in plant. In: GUPTA, U.C. (Ed.) **Boron and its role in crop production**, Boca Raton: CRC Press, 1993. 236p.

SILVEIRA, A.P.D. Micorrizas. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. (ed). **Microbiologia do solo**. Campinas: SBCS, 1992. p.257-282.

SMIDERLE, O.J.; GIANLUPPI, D.; GIANLUPPI, V. Adubação nitrogenada, espaçamento e épocas de semeadura de girassol nos Cerrados de Roraima. In: EMBRAPA. **Resultados de pesquisa da EMBRAPA Soja – 2001: girassol e trigo**. Londrina: Embrapa Soja, 2002. p.24-29. (Embrapa Soja. Documentos, 199).

SMIDERLE, O.J.; GIANLUPPI, D.; GIANLUPPI, V. Adubação nitrogenada, espaçamento e épocas de semeadura de girassol nos Cerrados de Roraima. In: EMBRAPA. **Resultados de pesquisa da EMBRAPA Soja – 2002: girassol e trigo**. Londrina: Embrapa Soja, 2003. p.33-39. (Embrapa Soja. Documentos, 218).

SMIDERLE, O.J.; MOURÃO JÚNIOR, M.; GIANLUPPI, D.; CASTRO, C.de. **Adubação nitrogenada do girassol nos Cerrados de Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2004. 7p. (Embrapa Roraima. Comunicado Técnico, 8).

SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. Correção da acidez do solo. In: SOUSA, D.M.G.de.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 81-96.

SRIVASTAVA, A.K. Effects of fertilizers on the composition and emergence of sunflower seeds. **Experimental Agriculture**, v.14, p.213-216, 1978.

STEER, B.T.; HOCKING, P.J.; KORTT, A.A.; ROXBURGH, C.M. Nitrogen nutrition of sunflower (*Helianthus annuus L.*): Yield components, the timing of

their establishment and seed characteristics in response to nitrogen supply. **Field Crops Research**, v.9, p.219-236, 1984.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.719p.

THOMPSON, J.P. Decline of vesicular-arbuscular mycorrhizae in long fallow disorder of field crops and its expression in phosphorus deficiency in sunflower. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.38, p.847-67, 1987.

TREZZI, M.M.; SILVA, P.R.F.; ROCHA, A.B. Sistemas de cultivo de milho em consórcio de substituição e em sucessão a girassol. **Ciência Rural**, v. 24, n.3, p. 495-499, 1994.

UNGARO, M.R.G. **Cultura do girassol**. Campinas: IAC, 2000. 36p. (IAC. Boletim técnico, 188).

UNGARO, M.R.G.; DECHEN, S.C.F.; QUAGGIO, J.A.; NNABUDE.; GALLO, P.B. Effects of crop rotation on soil chemical conditions and sunflower, soybean and maize production. **Helia**, v.32, p.1-18, 2000.

UNGER, P.W. Sunflower. In: STEWART, B.A.; NIELSEN, D.R. (Ed.). **Irrigation of agricultural crops**. Madison: American Society of Agronomy, 1990. p.775-794. (Agronomy, 30).

VICTORIA, R.L.; PICCOLO, M.C.; VARGAS, A.A.T. O ciclo do nitrogênio. In: CARDOSO, E.J.B.N.; ISAI, S.M.; NEVES, M.C.P. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.105-119.

VRANCEANU, A.V. **El girasol**. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa, 1977. 379p.

VREBALOV, T. Rate of N P K assimilative uptake of sunflower variety VNIIMK 8931. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 6., 1974, Bucharest, Romania. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1974. p.22-24.

WEISS, E.A. Sunflower. In: WEISS, E.A. **Oilseed crops**. New York: Longman, 1983. cap. 9, p.402-462.

YAMADA, T. Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas? **Informações Agronômicas**, n.90, p.1-5, 2000.

YAMADA, T. Deficiências de micronutrientes, ocorrência, detecção e correção: o sucesso da experiência brasileira. **Informações Agronômicas**, n.105, p.1-12, 2004.



José Miguel Silveira  
César de Castro  
Cézar de Mello Mesquita  
Fernando Antônio Fonseca Portugal

## **Introdução**

O processo de instalação de lavouras com qualquer espécie vegetal cultivada, por meio da operação de semeadura, requer a análise criteriosa das características da cultura, principalmente nos seus requerimentos para germinação, alongação radicular e desenvolvimento da parte aérea (Bragachini, 2002).

No caso específico do girassol (*Helianthus annuus* L.), para o qual já existe um sistema de produção desenvolvido pela pesquisa agrícola, pode-se dizer que a maioria dos equipamentos semeadores disponíveis no mercado brasileiro ainda não cumpre convenientemente as funções de dosificar, distribuir e acondicionar a semente no solo, transformando-se em grande entrave para o estabelecimento uniforme da população de plantas pré-definidas.

A uniformidade de profundidade de semeadura e de distribuição de plantas são fatores fundamentais para o cultivo de girassol com alta produção. O primeiro ganha destaque, principalmente, em sistemas de semeadura direta, onde a temperatura do solo é mais baixa; semente situada em diferentes profundidades dá lugar à emergência dessincronizada e, conseqüentemente, a cultivos com desenvolvimento desuniformes, dilatando os períodos correspondentes às fases de crescimento vegetativo e reprodutivo das cultivares. Por sua vez, a desuniformidade de distribuição da semente na linha de semeadura agrava a situação anterior. O girassol, por ter boa plasticidade, pode compensar a perda de plantas por meio de maior desenvolvimento das plantas presentes. Porém, dependendo da população de plantas, dificilmente contrabalança, pela produção, a distribuição irregular da semente na linha de semeadura.

Dentro da prática agrícola, existem diversos elementos a ser estudados e

que estabelecem relações entre o meio ambiente e o crescimento/desenvolvimento das plantas de girassol que, conseqüentemente, determinarão o rendimento final de grãos. De modo geral, o manejo desses fatores nem sempre resulta em alterações nos custos de produção, mas podem resultar em diferenças muito significativas na produtividade do girassol e, conseqüentemente, no lucro do produtor.

Para que a semente de girassol tenha maior possibilidade de transformar-se em plântula normal, a semeadora com seus componentes (reservatório de semente, sistema dosador, tubo de descarga, elemento sulcador e roda compactadora) deve ser regulada de modo a minimizar os efeitos mecânicos que venham provocar alterações e danos na semente.

Assim, para que a semente de girassol tenha possibilidades de se transformar em uma planta normal, segundo Bragachini et al. (1991), a semeadora deve realizar eficientemente as seguintes operações: a) distribuir uniformemente a semente no sulco de semeadura, sem produzir danos mecânicos na mesma; b) colocar a semente à profundidade estabelecida e mantê-la de forma constante durante todo o processo de semeadura; c) depositar a semente em um fundo de sulco compactado lateralmente e em profundidade, permitindo, dessa maneira, um bom contato da semente com o solo, o que propiciará um arranque posterior da plântula para sua emergência; d) cobrir a semente com uma fina capa de terra úmida e levemente compactada, para que haja rápida hidratação, dando início ao processo de germinação; e) construir um camaleão com terra solta sobre a linha de semeadura em forma de “V” invertido para impedir, em caso de chuva forte, um encrostamento sobre a linha, que dificultará a emergência da plântula.

## **A semente**

### **Características gerais da semente de girassol**

O que se conhece como semente de girassol é, na verdade, um fruto seco conhecido como aquênio. Assim, o aquênio é um fruto indeiscente que possui uma só semente, originária da fecundação do óvulo e ligada à parede do fruto (pericarpo) em apenas um ponto, o funículo (Esau, 1974; Ferri, 1977; Carvalho & Nakagawa, 1980). O aquênio consta de três partes: pericarpo, que é a parede do ovário e é o fruto propriamente dito; mesocarpo e endocarpo ou amêndoa (Cutter, 1987).

O pericarpo, que se desenvolveu a partir da parede do ovário, é a casca fibrosa e, sua proporção em relação ao endocarpo, regulará o teor de óleo do aquênio. Aquênios com casca grossa e desgrudada da amêndoa produzem menor teor de óleo que aqueles com casca fina e aderida à amêndoa. A relação casca/amêndoa é uma característica do genótipo e influenciada pelas condições edafoclimáticas.

O endocarpo tem grande concentração de óleo e proteínas e é dividido em dois cotilédones. A amêndoa, a parte mais importante da semente de girassol, é constituída pelo endosperma, com tecido de reserva classificado, segundo a natureza química como oleaginoso, pois contém substâncias oleaginosas e protídeos, e pelo embrião, formado basicamente por um eixo embrionário dividido em duas partes: radícula e caulículo. O caulículo, por sua vez, divide-se em duas outras porções: hipocótilo e epicótilo, com base na inserção dos cotilédones (Ferri, 1977).

## **Qualidade da semente**

A semente de girassol deve ter, além de alto poder germinativo, também elevado vigor para proporcionar uma rápida e uniforme germinação e emergência de plântulas, sob condições edafoclimáticas extrínsecas, como umidade, temperatura e aeração. Essas propriedades da semente devem ser verificadas em laboratório, antes da semeadura, por meio de amostra representativa do lote a ser utilizado. De maneira geral, observa-se que semente com maior teor de óleo tem mais problemas de germinação, principalmente em temperaturas mais amenas do solo.

## **Tamanho e forma da semente**

Uma característica importante a ser observada no beneficiamento da semente de girassol é a padronização de seu tamanho. A escolha do calibre da semente, principalmente em semeadora de disco, está diretamente relacionada com o tipo de placa ou disco presente no equipamento semeador (Bragachini, 2002). Segundo Balastreire (1987), um dos requisitos para a colocação precisa da semente no solo é que tenha tamanho e forma o mais uniforme possível, para que possa ser separada e manuseada pelos mecanismos dosadores, principalmente os utilizados em semeadoras com dosadores puramente mecânicos. A introdução de novas cultivares com diferentes tamanhos requer que o agricultor tenha um jogo de discos das

semeadoras para satisfazer a cada classe. No entanto, a diversidade de genótipos possibilita a escolha daqueles com características mais adequadas à região e ao manejo da cultura adotado.

Para condições de semeadura onde se utiliza semente de menor tamanho ou mal calibrada (desuniforme), a utilização de semeadora pneumática ou de precisão mostra-se mais eficiente, uma vez que esse tipo de mecanismo é menos sensível a esse tipo de fator, devido ao princípio de dosagem utilizado.

### **Tratamento químico da semente**

O tratamento químico da semente de girassol tem sido prática usual em países onde a cultura é tradicionalmente cultivada, utilizando princípios ativos registrados pelas empresas de insumos. A incidência de microorganismos patogênicos é mais intensa quanto maior for o período de germinação e emergência da plântula, decorrente de fatores climáticos ou do solo. A partir do momento em que as plantas se desenvolvem, adquirem maior vigor e resistência a condições adversas. Assim, o tratamento de semente com produtos inseticidas e/ou fungicidas, para a prevenção de danos causados por insetos-pragas e fungos que atacam a semente e a plântula, é prática que tem despertado interesse entre os agricultores, em função da proteção à semente e da manutenção do estande desejado. Entretanto, ainda não há produtos registrados para o tratamento de doenças ou, principalmente, insetos-pragas de girassol, no Brasil.

### **Gasto de semente para a semeadura**

O primeiro fator relacionado com a semente é, além da qualidade intrínseca, sem dúvida, a quantidade a ser utilizada por unidade de área, que é função do arranjo de plantas (população e espaçamento entre linhas) e do manejo.

A população de plantas está diretamente relacionada a fatores gerais como tipo de cultura, altura de planta, fertilidade do solo, distribuição de chuva, irrigação, práticas de cultivo e colheita, e à natureza específica, como viabilidade e pureza da semente. Ensaios experimentais conduzidos em várias regiões girassoleiras da Argentina (Bragachini et al., 1991), da França (Vrănceanu, 1977) e dos Estados Unidos (Carter, 1978), concluíram que

os maiores rendimentos de grãos foram obtidos com populações de plantas que oscilaram entre 40 e 45 mil plantas por hectare, no momento da colheita (Tabela 1). Esse número pode variar para mais, em função da cultivar e/ou das condições de capacidade produtiva do solo, da região e da distribuição de chuvas local.

**Tabela 1.** Principais parâmetros para a obtenção da densidade ideal de semeadura em girassol.

Espaçamento (cm)		Número/ 10 m		População (plantas/ha)
Entrelinhas	Entre plantas	Sementes*	Plantas	
70	36	44-39	28	40.000
	31	49-44	32	45.000
80	31	50-45	32	40.000
	28	56-50	36	45.000
90	28	56-50	36	40.000
	25	63-57	40	45.000

\*Número de sementes por 10 metros, para obtenção da população final, considerando: poder germinativo de 85% a 95%, respectivamente, com reserva maior (25%) para as perdas totais.

O espaçamento entrelinhas mais indicado pela pesquisa para o girassol é de 70 cm. Contudo, a distância entre sulcos pode variar de 50 a 90 cm, em função da semeadora e da colhedora.

A viabilidade da semente é indicada através da porcentagem de germinação, normalmente determinada em condições de laboratório e de campo. A pureza da semente, por sua vez, indica o número de semente no lote que pertence à variedade desejada; normalmente, os produtores de semente indicam a porcentagem de pureza dos lotes produzidos. Atenção especial deve ser dada à sanidade da semente, tendo em vista que doenças importantes podem ser transmitidas pela semente, como Sclerotinia, Alternaria, míldio, entre outras.

Para calcular o número de semente a ser distribuído, é necessário conhecer o poder germinativo, que é fornecido pela empresa produtora de sementes, normalmente baseado em resultados de testes de emergência, em laboratório, e deve constar no rótulo, juntamente com outras informações como lote, pureza etc. Porém, esse valor (% germinação) normalmente é superior ao valor real obtido em emergência de campo.

Assim, antes da sementeira, é conveniente fazer um teste a campo. Para este teste, separar, a partir de uma amostra representativa do lote, quatro subamostras de 25 sementes cada, que deverão ser semeadas em quatro fileiras de 5 m de comprimento cada, à profundidade de 4 a 5 cm, mantendo a umidade do solo em nível adequado para a emergência. Fazer a contagem em cada uma das quatro fileiras, quando do aparecimento do primeiro par de folhas acima dos cotilédones (aproximadamente 10 dias após a sementeira), considerando apenas as vigorosas. O percentual de emergência em campo será a soma do número de plantas emergidas nas quatro repetições.

### **Cálculo da quantidade de sementes**

Após definida a população de plantas desejada por hectare, é necessário saber o número de plantas por metro linear na lavoura, e assim, calcular a quantidade de sementes necessária.

Primeiro, é preciso conhecer o número de plantas por metro, que é estimado através da seguinte fórmula:

$$N = (P \times E) / 10.000$$

onde: N é o número de plantas por metro linear, P é a população de plantas de girassol desejada por hectare e E é o espaçamento entre linhas, em metros.

Posteriormente, com base no valor de N, calcular o número de sementes por metro linear de sulco, usando a seguinte fórmula:

$$S = (N \times 100) / C$$

onde: S é o número de sementes de girassol por metro linear, N é o número de plantas por metro linear e C é a porcentagem de emergência em campo.

Para estimar a quantidade de semente que será gasta por hectare, pode-se usar a seguinte fórmula (Tecnologias, 2004):

$$Q = (100 \times A \times N) \times 1,1 / (C \times E) \times 100$$

onde: Q é a quantidade de semente, em quilogramas por hectare, A é o peso de 1000 aquênios ou sementes de girassol, em gramas, N é o número de plantas por metro linear, C é a porcentagem de emergência em campo e E é o espaçamento entre linhas, em metros. Observar que na fórmula já está incluído um acréscimo de 10% na quantidade de semente por metro linear a ser distribuída pela semeadora, como fator de segurança.

Os comandos para a regulagem da densidade de semente no equipamento semeador devem permitir uma operação fácil e rápida. Para tanto, as semeadoras que possuam as relações de transmissão modificáveis mediante a substituição de uma quantidade mínima de engrenagens localizadas em locais acessíveis, e sem adoção de ferramentas, são desejáveis. Ao mesmo tempo, o equipamento semeador deve apresentar uma tabela de semente facilmente visível ao operador, indicando as quantidades de semente depositada por metro linear de sulco.

As quantidades de semente podem ser obtidas por meio de dois métodos de cálculo: a) no primeiro, escolhe-se a placa ou disco de semente adequado, estabelecendo as engrenagens específicas para a relação de transmissão desejada. Marca-se o disco de semente em um ponto periférico. Avança-se o equipamento carregado, observando que o disco realize uma volta completa, e para a máquina. Mede-se sobre o terreno a distância percorrida referente ao giro completo do disco. Relacionando a distância percorrida com o número de alvéolos ou furos do disco, obtém-se o espaçamento entre as sementes, através da seguinte fórmula:

$$E = A / N$$

onde: E é o espaçamento entre sementes (cm), A é o avanço da máquina, em cm, por volta do disco, e N é o número de alvéolos ou furos por volta do disco.

Deduz-se, assim, a quantidade de semente de girassol por metro linear como sendo o resultado do quociente de 100 cm pelo espaçamento entre sementes encontrado, ou seja:

$$S = 100 / E$$

onde: S é o número de sementes por metro linear e E é o espaçamento entre sementes (cm).

Um método mais expedito de verificação da quantidade de semente distribuída por linha de semente é feito carregando os depósitos com a semente de girassol e, em seguida, ajustando as relações de transmissão, na semeadora, de acordo com a tabela do fabricante. Avançam-se alguns metros para que os discos e os distribuidores sejam preenchidos pelas sementes, e na velocidade estabelecida para a semente, desloca-se a semeadora uns 20 metros. Finalmente, faz-se a contagem da semente recolhida em cinco metros lineares de duas ou três linhas de semente e, com o valor médio obtido, saber se a relação de transmissão está correta para a densidade de semente pré-estabelecida.

De maneira geral, a quantidade de semente de girassol a ser gasta no processo de semente pode variar de aproximadamente 3,0 kg ha<sup>-1</sup> a 4,5

kg ha<sup>-1</sup>, dependendo basicamente do peso de 1000 sementes e da população de plantas por hectare.

### **Uniformidade de distribuição e cobertura da semente**

Do ponto de vista da colheita mecânica de algumas culturas, como o milho, o algodão e o girassol, a distribuição de plantas sem falhas é altamente recomendável porque resulta em um fluxo mais regular de alimentação da colhedora, sem contar que, para o caso do girassol, plantas equidistantes no campo resultarão em capítulos mais uniformes, aumentando a eficiência de trabalho dos mecanismos internos da colhedora.

Em relação à uniformidade da cobertura de solo sobre a semente, o ideal é que o mecanismo de cobertura coloque solo úmido sobre ela, pressione o solo ao seu redor, na profundidade apropriada possibilitando a emergência rápida e uniforme. Um bom contato entre a semente e o solo úmido auxilia a embebição da semente, em um processo puramente físico. Se o solo estiver solto em volta da semente, essa camada atua como barreira à passagem de umidade e a semente pode não germinar. Todavia, se o solo for excessivamente compactado, irá prejudicar a germinação/emergência devido à dificuldade de desenvolvimento da radícula e a formação de crostas sobre a semente, impedindo a plântula de emergir.

A capacidade de emergir, rompendo camadas compactadas ou crostas acima da semente, varia de acordo com a espécie semeada. Para a semente de dicotiledôneas, como girassol, emergir, ela têm que mover os cotilédones para sobre o solo (epígea), que são relativamente grandes, através da crosta formada no solo, na forma de um domo ou cone, grande o suficiente para acomodar os cotilédones.

### **Crescimento e desenvolvimento da semente e da plântula de girassol**

Em geral, uma semente colocada no solo, em condições adequadas de temperatura e de umidade, começa a germinar e dá lugar a uma planta que enraíza, cresce, floresce, frutifica e produz aquênios, completando o ciclo biológico da espécie. Durante o decorrer desse ciclo, combinam-se dois grandes mecanismos biológicos: o crescimento e o desenvolvimento. É importante destacar esses conceitos constantemente empregados como linguagem técnica na agronomia. Geralmente, confunde-se o significado

de ambos os vocábulos, quando realmente existe uma diferença marcante entre eles.

O crescimento é um processo quantitativo de simples aumento da massa e do volume vegetal, como resultado da formação e da alongação de novas células, que ocasiona variação nas dimensões da planta (massa, largura, altura, área, volume, entre outros). Na prática, o crescimento pode ser avaliado pela determinação da massa da matéria seca da planta inteira. Por outro lado, o fenômeno do desenvolvimento, ao contrário do crescimento, é um processo qualitativo, em que se observa a aparição de novos órgãos pela diferenciação celular, ou seja, ocorrem modificações mais acentuadas, resultantes de uma organização e especialização anatômica e fisiológica.

Alguns dos fatores ambientais que controlam e influenciam o desenvolvimento e o rendimento do girassol podem ser manipulados, enquanto outros não. Determinadas condições edafoclimáticas não permitem que o girassol expresse todo o seu rendimento potencial, exigindo técnicas adequadas de manejo e/ou zoneamento agroclimático para minimizar ou superar essas limitações.

Na condução do cultivo do girassol, é importante o conhecimento do comportamento das fases de desenvolvimento da planta. Da emergência até em torno de 30 dias, o crescimento é lento, consumindo pouca água e nutrientes. A partir desse período e até o final do florescimento, o crescimento e o desenvolvimento são rápidos, aumentando o consumo de água e de nutrientes e a massa das plantas.

## **A semeadura**

A idéia de cultivar os campos com espécies alimentícias surgiu a partir do momento em que as quantidades oferecidas pela natureza eram insuficientes para satisfazer as necessidades gerais da população humana. A produção de alimentos passa, então, a ser utilizada como ferramenta de crescimento, desenvolvimento e poder dos povos, através das mais variadas técnicas para a implantação, envolvendo a semeadura, o manejo e a colheita de cultivos de interesse agrícola.

Nesse contexto, a lavoura de girassol, inicialmente cultivada como planta ornamental na Europa (Vrănceanu 1977; Putt, 1997), permite ser implantada eficientemente de maneira manual ou mecanizada, em diferentes arranjos espaciais das plantas e tipos de exploração adotados.

## **Semeadura manual**

Essa operação consiste em depositar, com ou sem o auxílio de pequenos implementos, a semente no solo, podendo ser em sulcos ou linhas previamente adubadas, ou não. Esse tipo de semeadura é indicado para pequenas áreas agrícolas, face ao tempo exigido para a implantação e a demanda por mão-de-obra.

A deposição da semente no sulco poderá ser feita diretamente com as mãos ou com o auxílio de semeadoras manuais (comumente conhecidas como matracas, pica-paus ou saraquás). No primeiro caso, deve-se atentar para a utilização de semente não tratada com produtos químicos. Quando do uso de semeadoras manuais, atenção maior deverá ser dada ao sistema dosador de semente, uma vez que o aquênio de girassol possui um tegumento (casca) delgado e uma camada de ar entre o pericarpo e a amêndoa, o que lhe confere uma baixa resistência a processos de atrito ou esfregamento com as peças da semeadora. Como solução, existem no mercado agrícola semeadoras manuais, dosadas manualmente pelo operador da “matraca”, ou por um auxiliar, onde tem-se um tubo principal de condução da semente, cujo sistema de liberação da mesma é feito mecanicamente, por meio de um cabo de aço e um marcador de covas.

## **Semeadura mecanizada**

A idéia de semear utilizando máquinas é muito antiga e já era comum aos persas e hindus, muito embora a idéia não tenha sido adotada pelos europeus até o final do século XVII. A primeira semeadora européia foi desenvolvida, em 1636, por Joseph Locatelli de Corinto, recebendo o nome de “sembradore”. Essa máquina era constituída basicamente de um depósito cilíndrico de madeira, contendo um eixo rotativo dotado de conchas, as quais jogavam a semente em tubos que a conduzia até perto do solo. Essa semeadora não colocava a semente no interior do solo, mas em fileiras na sua superfície. No final do século XVII, a semeadora de Locatelli foi aperfeiçoada pelo inglês Jethro Tull, o qual reconheceu as vantagens da semeadura mecânica em solo preparado convenientemente. Em 1785, James Cook projetou uma semeadora, cujo princípio chegou até os dias atuais (Balastreire, 1987).

Existe muita confusão em torno do termo adequado para caracterizar as máquinas destinadas à semeadura de diferentes culturas. É muito comum, na prática, a utilização de termos semeadeiras, plantadeiras etc.,

com o mesmo significado ou então a utilização do termo semeadeira para as máquinas que semeiam grãos miúdos e plantadeiras para as máquinas que semeiam grãos graúdos. Assim, o sufixo “ora” deve ser preferido na designação dessas máquinas, uma vez que o sufixo “eira” muitas vezes é utilizado com caráter pejorativo. Assim, nesta seção, será utilizado o termo semeadora, para designar as máquinas que dosam e colocam no solo exclusivamente as sementes utilizadas nas instalação da cultura.

### **Classificação das semeadoras**

Existem diversas maneiras para se classificar as semeadoras, e a classificação abaixo está baseada no Comitê de Estudos de Semeadoras e Plantadoras da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (Balastreire, 1987).

Quanto à forma de acionamento do equipamento semeador: em relação à forma de acionamento, destacam-se as semeadoras manuais, de tração animal e tratorizadas (montadas, semimontadas e de arrasto). As semeadoras manuais são as acionadas exclusivamente pelo próprio operador. As semeadoras de tração animal, no Brasil, normalmente são tracionadas por mulas ou bois. As semeadoras tratorizadas são acionadas e deslocadas por tratores agrícolas. Dependendo da forma como estão acopladas aos mesmos, podem ser montadas (quando acopladas ao sistema hidráulico de levantamento de três pontos dos tratores agrícolas), semimontadas (quando acopladas apenas nos dois pontos inferiores do sistema hidráulico de levantamento de três pontos), e de arrasto (quando acoplada por um único ponto ao trator, normalmente à barra de tração).

Quanto ao material dosado: no caso do equipamento semeador dosar apenas a semente e colocá-la no solo, diz-se semeadora. Quando, além da semente, a máquina dosa e coloca o adubo a ser utilizado na cultura, ela é chamada de semeadora-adubadora.

Quanto à forma de distribuição da semente: a distribuição em linha e a lança são as duas formas de depositar a semente na terra. No primeiro caso, destacam-se a forma contínua e a de precisão, utilizadas para girassol e milho, entre outras culturas. No segundo, é feita via aérea ou via terrestre, podendo ser utilizada para implantação de pastagem. Na distribuição em linha contínua, a semente é distribuída em linha, não existindo precisão nessa distribuição, de modo que existe variação do número e da posição das sementes na linha. Na distribuição de precisão, a semente é dosada, de preferência uma a uma, e o espaçamento entre elas é bastante

uniforme, sendo a variação do número e a posição da semente na linha muito pequena. Essa forma de distribuição é mais indicada para a cultura do girassol.

Quanto ao mecanismo dosador de semente: o mecanismo dosador tem por função dosar a semente requerida e conduzi-la a uma abertura de saída. Quanto ao mecanismo dosador, as semeadoras podem ser classificadas como: a) em linha – disco perfurado (vertical, horizontal ou inclinado), cilindro canelado, correia perfurada, discos alveolados, dedos preensores, orifício regular e pneumático, e b) a lança – rotor centrífugo, canhão centrífugo e difusor.

### **Características do conjunto semeador para a semeadura mecanizada de girassol**

A etapa de pré-semeadura é de grande importância para o sucesso da exploração agrícola, e deve, portanto, receber de técnicos, gerentes, produtores e operadores de máquinas a atenção necessária (Silva & Daniel, 2004). O preparo e a adequação do conjunto trator/semeadora antecedem os procedimentos de regulagens, que engloba além da dosagem de distribuição da semente e dos fertilizantes, o ajuste dos mecanismos de ataque ao solo para o corte da palha, a abertura e o fechamento do sulco. Para tal, os manuais de instrução do trator e da semeadora são ferramentas imprescindíveis para a realização de uma das operações mais importantes da produção de grãos, que é a semeadura.

### **Trator**

O trator deverá estar adequado à operação de semeadura a ser realizada, que, por sua vez, será função das características da cultura explorada, das condições de trabalho e das características da semeadora. Os principais itens a serem observados (Silva & Daniel, 2004) no trator são o sistema hidráulico, o engate por três pontos, a barra de tração, o ajuste da bitola, o lastro e a pressão de pneus.

Destaca-se que, de acordo com as características da semente de girassol, o sistema de distribuição (dosador) mais eficiente tem sido o de tipo pneumático, pois permite a distribuição mais uniforme da semente. Nesse caso, para o bom funcionamento da semeadora, é preciso verificar se o sistema hidráulico do trator possui a vazão requerida para o ideal funcionamento

do sistema durante a operação de semeadura; caso isso não ocorra, é necessário o uso de uma bomba hidráulica adicional. Também importante, a bitola do trator deve ser ajustada de modo que os pneus não coincidam com as linhas de semeadura, evitando que a semente seja depositada numa área onde ocorreu maior pressão sobre o solo. A adequação da bitola é função do número de unidades de semeadura, do espaçamento entre elas e também da forma de acoplamento da semeadora ao trator.

## **Operador**

O treinamento constante e a dedicação do operador bem como a sua familiarização com o equipamento, através do uso do Manual de Instruções da semeadora, são condições indispensáveis para o sucesso da operação de semeadura. Já que um dos fatores mais importantes para a obtenção de uma semeadura correta é a qualificação e a habilidade do operador. A colocação da semente à profundidade correta e na quantidade recomendada na linha depende da habilidade do operador em preparar e regular adequadamente a semeadora, manter uma velocidade uniforme de operação e estabelecer um bom padrão no espaçamento entre as linhas de semeadura, nas sucessivas passadas do equipamento semeador. De maneira geral, distribuição uniforme da semente é grandemente influenciada pela velocidade de semeadura.

## **Velocidade de trabalho da semeadora**

Para a realização de uma semeadura uniforme, a semeadora, a “cama” de semeadura e o tipo de cultura determinam a velocidade de trabalho mais adequada. Em girassol, deslocamentos superiores a  $6,0 - 7,0 \text{ km h}^{-1}$  ocasionam falhas na linha de semeadura, em função de danos, rebotes e deslocamentos da semente (Bragachini et al., 1991).

A vazão ou freqüência de deposição da semente por segundo é obtida pelo produto da quantidade de sementes por metro linear pela velocidade de avanço, em metros por segundo, da semeadora. Por exemplo, em uma densidade populacional de cinco sementes de girassol por metro linear, a uma velocidade de trabalho de  $7,0 \text{ km h}^{-1}$  (o que equivale a 1,94 metros por segundo), ter-se-á uma freqüência de deposição de aproximadamente 14 sementes por segundo. Esse exemplo permite esclarecer que, ao superar o limite de velocidade de  $7,0 \text{ km h}^{-1}$ , aumenta-se consideravelmente o risco de falhas na linha de semeadura, acrescido de problemas na unifor-

midade de profundidade de semeadura, visto que, ao superar tal patamar de deslocamento, o equipamento semeador perde estabilidade, produzindo pequenos saltos.

Segundo Capurro & Exilart (1993), com o aumento da velocidade de semeadura, aumenta a quantidade de sementes que o dosificador deve separar e liberar, por unidade de tempo. Assim, a eficiência diminui, aumentando as falhas de semeadura. Portanto, distribuição mais uniforme é obtida com menores velocidades.

A velocidade ideal para a semeadura de girassol situa-se entre 4,5 km h<sup>-1</sup> e 5,0 km h<sup>-1</sup> (Silveira et al., 1993).

## **Semeadora**

O uso de equipamentos mecanizados para a semeadura de espécies vegetais de interesse comercial na propriedade agrícola visa, principalmente, a realização de tarefas de modo rápido, eficiente e com maior conforto ao operador, permitindo aumentar a capacidade individual de trabalho e produtividade. Desse modo, o uso de máquinas exige a tomada de certos cuidados, principalmente com relação às suas corretas manutenção e conservação, fatores determinantes para o melhor rendimento da semeadora, e que podem levar ao sucesso ou ao fracasso da safra.

Segundo Silva & Daniel (2004), após o preparo e a adequação do trator, deve-se realizar revisão geral da semeadora, lubrificando e inspecionando, principalmente, os componentes e órgãos ativos, promovendo a substituição das peças gastas, danificadas e que apresentem corrosão pela ação dos fertilizantes.

Geralmente, as semeadoras-adubadoras se constituem de um chassi básico, dos mecanismos dosadores de sementes e adubos, dos depósitos de sementes e de adubos, dos sulcadores para semente e adubos, dos mecanismos cobridores de sementes, das rodas compactadoras, das rodas de controle de profundidade de semeadura e das rodas de sustentação.

O chassi básico das semeadoras-adubadoras possui características bastante diversas, caso a máquina completa seja montada ou de arrasto. Deve ter largura suficiente para acomodar as unidades semeadoras, as unidades adubadoras, eventualmente as rodas laterais de suporte e acionamento da máquina e os sulcadores utilizados para abertura dos sulcos para a semente e os adubos, para todas as culturas de interesse.

## **Mecanismos dosadores de adubos**

As semeadoras-adubadoras dispõem de dosadores de adubos que diferem em sua construção, dependendo da semeadora e da preferência do fabricante por um ou outro tipo de dosador.

Os tipos mais conhecidos de dosadores de adubos são: a) helicoidal, caracterizado por um parafuso sob o depósito de adubo, que regula a quantidade de adubo distribuída por meio de um sistema de engrenagens); b) rotor dentado (montado no fundo do depósito de adubos das semeadoras), que gira sobre uma placa de apoio que contém o orifício de saída do adubo. A quantidade de adubo que é empurrada pelo rotor para o orifício de saída é regulada através de uma lingüeta ajustável; c) discos horizontais rotativos (normalmente utilizados em equipamentos com dosadores e depósitos de adubos individuais, para cada linha de semeadura. Consta basicamente de um disco liso rotativo acoplado a uma engrenagem coroa, que gira contra uma lingüeta raspadora); d) rotor vertical impulsor (é um dosador constituído por secções impulsoras de chapa, ferro fundido e náilon que, fixadas a um eixo de acionamento, adquirem dupla função – agitação e impulsão do adubo para fora da janela de saída); e) correias ou correntes (os dosadores se constituem de uma correia ou corrente que trabalham sob o fundo do depósito de adubo, dosando a quantidade de adubo).

## **Mecanismos dosadores de semente**

A distribuição qualitativa e quantitativa da semente de girassol deve ser eficiente, de modo a conseguir deposição uniforme no sulco de semeadura, em profundidade e distância entre as sementes, podendo ser realizada por sistemas dosadores do tipo mecânico ou pneumático, que utilizam placas ou discos de semeadura, com alvéolos alargados, de diferentes tamanhos, em função do tamanho ou calibre da semente.

A semente de girassol apresenta grande variabilidade no tamanho, tanto em largura, como em espessura e comprimento. Em um mesmo capítulo de girassol, híbrido ou variedade de polinização livre, as variações são muito grandes, o que dificulta uma adequada calibração dos sistemas dosadores mecânicos ou pneumáticos.

a) Sistema dosador mecânico com discos perfurados: constitui-se de um disco dosador com furos redondos, oblongos ou de formato especial, localizados concêntricamente ou nas bordas dos discos (Balastreire, 1987).

Dependendo do projeto da semeadora, esses discos perfurados podem ser verticais, inclinados ou horizontais. O princípio de dosagem de semente baseia-se no preenchimento de cada orifício do disco, pela massa de semente, com a rotação do disco. Assim, cada orifício contendo uma semente, ao coincidir com a abertura de saída, faz com que essa caia pelo tubo condutor e seja depositada no sulco de semeadura.

b) Sistema dosador mecânico com dedos preensores: o dedo preensor é constituído de uma pequena chapa curva, pivotada, que se fecha sobre cada semente sob a ação de molas (Balastreire, 1987). Os dedos preensores estão dispostos concêntricamente em um disco vertical, de forma que cada dedo, ao mergulhar na massa de sementes, prende somente uma delas e a eleva no movimento de rotação do disco até a abertura de saída. Dessa maneira, reduzem-se as chances de deposição de duas semente juntas, comumente chamados de “duplos”.

c) Sistema dosador pneumático: o dosador pneumático tem como principais vantagens a precisão na distribuição da semente uma a uma e um menor dano à semente, durante o processo de dosagem. Todavia, devido à grande variação do tamanho e da forma da semente, há necessidade de diversos tipos de discos, com orifícios adequados a cada tipo de semente e, às vezes inclusive, com duas fileiras de furos nos discos. Os dosadores pneumáticos atualmente existentes no mercado utilizam o vácuo ou a pressão como princípio de separação e apreensão da semente até a abertura de saída. O vácuo é formado por uma corrente de ar atravessando cada orifício dosador. Sendo essa corrente de ar aspirada, a pressão é formada por uma corrente de ar soprada pelo orifício dosador, daí poder-se classificar os dosadores pneumáticos de vácuo como sendo por sucção ou por sopro. Os dosadores pneumáticos de vácuo por sucção constam de uma base para o depósito de sementes, que também funciona como apoio do disco dosador, normalmente vertical e com uma ou mais fileiras concêntricas de furos, e uma tampa que fecha o conjunto, deixando apenas uma saída para a semente. Nesse caso, como o ar é aspirado, a semente é presa na parte externa do disco dosador, sendo liberada quando o vácuo em cada orifício é neutralizado por um obturador ou quando o disco passa bem ajustado na parte sólida da base. A forma de montagem desses componentes nos mecanismos dosadores varia de fabricante para fabricante, mas o efeito final desejado é sempre a separação de uma única semente por orifício do disco, independentemente de sua forma ou tamanho, sem nenhuma falha mecânica. Os dosadores pneumáticos de vácuo por sopro mais comuns têm constituição bastante semelhante aos anteriores, sendo uma das variações o fato de as sementes serem normalmente presas pelo

lado interno do disco dosador vertical. A principal vantagem desse tipo de dosador é a necessidade de um número menor de discos dosadores, para acomodar os diversos formatos e tamanhos de semente, uma vez que os orifícios são cônicos. Segundo Bragachini (2002), nos últimos anos, os sistemas pneumáticos apresentaram grande desenvolvimento, facilitando, assim, a semeadura de girassol por meio de dosificação e distribuição da semente mais eficientemente, principalmente em lotes mal calibrados. Essa vantagem permitiu diminuir os custos da semente híbrida, uma vez que, independentemente do tamanho, da forma ou do peso do aquênio de girassol, ocorre uma boa “aderência” aos orifícios do disco, que variam de 1,5 mm a 2,5 mm de diâmetro, reduzindo o desperdício. Segundo o mesmo autor, na Argentina, praticamente todas as marcas de semeadoras presentes no mercado agrícola possuem sistemas pneumáticos. Existem, também, sistemas pneumáticos adaptáveis a diferentes marcas de semeadoras, que possuem a vantagem de converter facilmente dosadores mecânicos para pneumáticos, com baixo custo.

### **Depósito de semente**

Os depósitos de semente geralmente são individuais, suportados sobre os dosadores, sendo um para cada linha de semeadura (Balastreire, 1987). Como a quantidade de dano mecânico sofrida pela semente também é função da coluna da mesma no depósito, os fabricantes normalmente utilizam dentro dos depósitos os chamados aliviadores de pressão ou defletores, os quais são construídos em chapa e se adaptam perfeitamente ao fundo do depósito, mantendo uma pequena coluna constante de sementes sobre os dosadores.

### **Elementos de corte**

Segundo Siqueira (2004), as condições de solo, palha e semeadora influenciam na operação de corte da massa vegetal presente na superfície e para que haja um trabalho de semeadura eficiente, esses pontos devem ser analisados cuidadosamente. Para o corte adequado, o solo deve oferecer certa resistência à ação do disco de corte e a palhada deverá estar verde ou seca, pois quando murcha apresenta maior dificuldade de corte. Em situações de corte deficiente, há acúmulo (embuchamento) de material vegetal nos sulcadores, o que diminui a eficiência do processo de semeadura, por ocasionar paradas constantes da máquina e enleiramento dos

restos vegetais, implicando em perdas de germinação, maior infestação do terreno por plantas daninhas, deposição irregular de adubos e sementes, além de falhas na cobertura do material semeado.

Os elementos de corte mais usados, ainda segundo o mesmo autor, são os discos, que podem ser lisos, ondulados e estriados. Os primeiros cortam melhor os resíduos vegetais e demandam menor peso e pressão de molas para penetração; devem ser mantidos sempre afiados. Os ondulados apresentam maior superfície de contato, necessitando, porém, maior peso para penetração e abrindo sulcos mais largos. Os discos estriados possuem borda lisa e afiada, que aumenta a aderência do disco ao solo diminuindo seu patinamento. Os discos de corte têm aprofundamento no solo regulado por meio da altura de acoplamento no chassi e da pressão realizada por meio de molas, cuja função é transferir o peso da máquina para os discos; quanto maior a superfície de contato, menor a capacidade de penetração do disco no solo. Os discos podem ser simples ou duplos, sendo esses últimos com diâmetros iguais ou diferentes (defasados) e com centros coincidentes ou não (desencontrados).

### **Elementos para a abertura de sulcos (sulcadores)**

Os sulcadores, como o próprio nome indica, são ferramentas destinadas a abrir sulcos no solo para a colocação da semente, dos adubos ou mesmo dos defensivos agrícolas, a uma profundidade adequada para cada espécie vegetal e mantendo entre estes as distâncias pré-estabelecidas (Balastreire, 1987). Para a abertura de sulcos, podem ser utilizados discos duplos e/ou hastes (facões). Os principais fatores que afetam o desempenho dos sulcadores são o projeto, a textura, a densidade e a resistência à penetração do solo, a quantidade de palhas e a pressão exercida pela semeadora, além das características operacionais, como a profundidade e a velocidade de trabalho (Siqueira, 2004)

Os sulcadores de disco são os que melhor se adaptam a condições de solo mais difíceis, como as encontradas em solos recém-desbravados, onde existam raízes e restos de vegetais. Esses sulcadores, pelo fato de rodarem em vez de deslizarem, têm maior facilidade para abrir os sulcos necessários e cortar palhas ou restos de vegetais, reduzindo a movimentação de solo. Podem ser discos de maior ou menor diâmetro, simples ou duplos, sendo os últimos, por apresentar modelos defasados e/ou desencontrados, possibilitam colocação mais precisa do adubo ou da semente, por abrirem um sulco através do corte e fazerem compressão do solo, na forma de um “V”.

Os sulcadores de tipo facão são utilizados em solos mais compactados e são ferramentas planas com superfícies de formatos variados (reto, inclinado ou parabólico), possuindo na extremidade ponteiros, geralmente em forma de cunha (Siqueira, 2004). Apresentam maiores capacidades de penetração e variabilidade de profundidade dos sulcos em relação aos discos duplos, no entanto, necessitam da colocação de um disco de corte frontal para um desempenho satisfatório, evitando embuchamentos. A maior profundidade de trabalho das hastes, em relação aos discos duplos, causa mobilização mais intensa do solo e exige maior esforço de tração e potência dos tratores. Hastes mais largas abrem demasiadamente o sulco, reduzindo a cobertura morta sobre o terreno e prejudicando a implantação das culturas, em função de maiores perdas de água por evaporação; por sua vez, hastes mais estreitas apresentam sulcos menores e mais palha na linha de semeadura. O uso de hastes com formato parabólico, ângulo de ataque em torno de 20 graus e espessura máxima da ponteira de 22 mm, conforme indicação do Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR, pode representar até 50% de redução na potência requerida de tração de uma semeadora-adubadora de semeadura direta (Siqueira, 2004). Segundo esse autor, a utilização desse modelo de haste permite diminuir o consumo de óleo diesel por hectare, oferecendo uma menor área de solo revolvida, o que resulta em solo mais protegido.

Segundo Bragachini et al. (1991), a combinação de disco duplo com facão reúne as vantagens de ambos os sistemas, uma vez que o disco duplo corta os restos vegetais na superfície e o facão conforma o sulco de semeadura levemente compactado no fundo e nas laterais, o que dará um bom suporte para o arranque e o desenvolvimento inicial das estruturas primordiais da semente de girassol.

### **Profundidade de deposição da semente**

A profundidade de semeadura é regulada através de dispositivos utilizados na construção das semeadoras e é feita pela colocação de pinos ou parafusos de trava, na posição que permite estabelecer a profundidade que ficará a semente da superfície do solo.

O conjunto de semeadura deve conter limitadores de profundidade, e fazer com que os mesmos acompanhem as irregularidades do terreno. Segundo Bragachini et al. (1991), resultados experimentais obtidos na Argentina indicam que o limitador de profundidade mais eficiente foi o de tipo roda pneumática com pressão zero, em razão da ampla adaptação a

diferentes preparos da “cama” de sementeira – convencional, mínimo ou conservacionista e direta.

A combinação desse tipo de roda com um disco duplo interno em forma de “V”, funcionando de forma simultânea, resulta em bom trabalho de compactação e moldeamento do sulco de sementeira, evitando que as paredes laterais desmoronem. Ao eliminar as camadas de ar formadas, permitem, ainda, manter a semente em contato direto com o solo úmido.

### **Elementos de compactação**

Na maioria das sementeiras, o controle da compactação sobre a semente é realizado pela roda ou rodas de controle de profundidade (Balastreire, 1987). A fim de evitar os efeitos nocivos da compactação excessiva, as rodas de controle de profundidade e compactação são construídas em duas seções laterais, deixando um espaço vazio entre essas seções. Dessa forma, assegura-se que a compactação não é realizada diretamente sobre a semente, porém lateralmente, deixando o solo sobre a semente solto e menos suscetível à formação de crostas. Uma boa solução para se obter um sistema de compactação satisfatório é utilizar duas rodas compactadoras individuais, ajustando-se a distância e o ângulo entre elas.

Em solos argilosos, principalmente quando a umidade não é adequada, existe a tendência de a roda compactadora ir acumulando o solo úmido sobre a banda de rodagem. Esse fato exige a colocação de limpadores nas rodas compactadoras, uma vez que o diâmetro da roda está associado à quantidade de sementes distribuídas, pois as rodas compactadoras, via de regra, são utilizadas como elemento de acionamento dos dosadores de semente. Os limpadores, porém, constituem-se em solução que aumenta a patinação das rodas compactadoras. Por esse motivo, uma solução mais adequada é a utilização de pneus de borracha sem câmara, adaptados nas rodas compactadoras ou em aros especiais. Como esses pneus são flexíveis, diminuem o acúmulo de solo sobre a banda de rodagem. Alguns desses pneus possuem estrias para auxiliar no acionamento dos mecanismos dosadores de semente, diminuindo a patinação e possibilitando maior uniformidade de distribuição da semente; outros possuem alívio central para evitar o excesso de compactação sobre a semente sensível a esse fator.

No caso particular da semente de girassol, a pressão das rodas compactadoras deve ser limitada, uma vez que a excessiva compactação provoca problemas na emergência das plântulas.

Modernamente, as semeadoras têm sido dotadas com rodas duplas compactadoras e cobridoras de sementes, com espaçamento e ângulo reguláveis, permitindo variar a quantidade de solo utilizada para a cobertura das sementes, necessitando, portanto, de atenção do operador.

### **Elementos cobridores da semente**

Os cobridores da semente têm por função jogar sobre ela a terra que foi retirada pelos sulcadores, cobrindo uniformemente, assegurando a proteção adequada contra pássaros e roedores e, ao mesmo tempo, mantendo a umidade e a temperatura necessárias para a completa germinação das sementes (Balastreire, 1987).

Em geral, os cobridores da semente nas semeadoras mais simples são constituídos por chapas de aço, dobradas no formato adequado para executar as funções mencionadas anteriormente. Alguns fabricantes utilizam molas, encarregadas de manter os cobridores na posição de trabalho. Nas semeadoras construídas com maiores recursos tecnológicos, os cobridores da semente podem conter discos cobridores, reguláveis para obter a quantidade de cobertura adequada a cada cultura. Os discos cobridores apresentam como vantagem imediata o fato de não acumularem restos vegetais que provocam “embuchamento” da máquina.

A cobertura da semente pode ser efetuada também através de rodas compactadoras duplas, montadas em “V”, com regulagem no ângulo de abertura entre elas; quanto mais dirigidas para dentro, mais terra é colocada sobre a semente e quanto mais para fora, menos terra.

Os diferentes tipos de cobridores existentes são indicados para cada tipo de condição de trabalho. Segundo Bragachini et al. (1991), para “camas” de semeadura em sistemas convencionais devem ser utilizadas pequenas chapas ou mesmo rodas recobridoras; para o caso particular de sistemas de semeadura direta ou com muita massa vegetal na superfície, essas últimas devem ser substituídas por discos dentados, com ângulo variável.

### **Marcadores de linhas**

O marcador de linha irá permitir ao operador manter o espaçamento correto entre as linhas, em cada passada da máquina (Silva & Daniel, 2004). No caso de girassol colhido com plataforma de milho adaptada, será fun-

damental para a eficiência de colheita que as linhas de semeadura adjacentes de passo e repasso da semeadora mantenham-se com a menor variação possível.

Segundo Siqueira (2004), o bom funcionamento dos marcadores de linha estará condicionado à regulagem do ângulo do disco e do comprimento do braço que o suporta. O operador deverá conduzir o trator de forma a coincidir a roda dianteira, mais próxima da área semeada, com o sulco deixado no solo pelo disco ou haste do marcador de linha. No caso do sistema de semeadura direta, deve-se utilizar discos recortados e posicionados de modo angulado em relação à direção de deslocamento, para facilitar a visualização do sulco pelo operador. Quanto mais inclinado for o ângulo do disco marcador em relação à direção de deslocamento, maior será a abertura do sulco. O comprimento do braço de suporte do disco marcador pode ser variado, soltando a trava e puxando ou empurrando o tubo telescópico ou barra, caso se queira aumentar ou diminuir o comprimento do braço marcador de linhas.

## **Fatores que afetam a eficiência do processo de semeadura em girassol**

### **Genótipo**

Se houver opção para a utilização de diferentes cultivares na propriedade agrícola, para melhor planejamento da colheita, semear primeiramente as cultivares de ciclo mais longo e posteriormente as de ciclo precoce, a fim de concentrar a operação de colheita numa só época.

É imprescindível a adoção de cultivares indicadas pela pesquisa, cujas informações são baseadas em ensaios experimentais espalhados pelas várias regiões brasileiras produtoras de grãos e conduzidos por meio de uma metodologia técnico-científica padrão de avaliação (Carvalho et al., 2004).

Outra questão é evitar o uso de semente de origem desconhecida, prevenindo a entrada de patógenos com alto potencial destrutivo que ocorrem em outros países. Ao utilizar semente sadia, livre de impurezas e de estruturas de resistência de fungos, se estará favorecendo todo o sistema de produção por não facilitar o estabelecimento de pragas e doenças limitantes.

## **Cultivo antecessor e sucessor**

Atenção maior deve ser dada à escolha das espécies vegetais que compõem um sistema planejado de rotação e sucessão de culturas, considerando à suscetibilidade a insetos-pragas e patógenos comuns que, aliados a condições climáticas favoráveis, podem ser limitantes para a rentabilidade dos cultivos programados, principalmente o girassol.

O enquadramento do girassol nos sistemas agrícolas visa maximizar a boa capacidade da planta quanto ao aproveitamento dos resíduos das adubações dos cultivos anteriores, aumentando a capacidade de utilização do solo e do parque de máquinas, resultando em maior rentabilidade das propriedades agrícolas.

Por sua vez, as espécies cultivadas em sucessão ao girassol beneficiam-se, principalmente, da melhoria das condições físicas do solo na camada superficial (0 a 20 cm), resultante do grande desenvolvimento das raízes nessa região. Além desse fator, existe a questão da fertilidade do solo pela reciclagem de nutrientes promovida pelo girassol.

Especial atenção deve ser dada ao manejo da palhada do cultivo antecessor ao girassol, a fim de que a massa vegetal presente na superfície do solo não prejudique a deposição da semente nos sulcos de semeadura, nem dificulte ou retarde a emergência das plântulas. Siqueira et al. (2001) afirmam que, antes do processo de semeadura, podem-se utilizar máquinas para o manejo da cobertura vegetal, com o objetivo de cortar e acamar o material e distribuí-lo uniformemente na superfície do solo, visando reduzir o comprimento da palha e evitar o seu acúmulo junto aos sulcadores da semeadora. É importante salientar que não há, obrigatoriamente, necessidade de manejo mecânico das coberturas.

A seleção da máquina para manejo da cobertura depende do tempo desejado de permanência da palha sobre o solo, da capacidade da semeadora para operar sobre a palha, da infestação de ervas e seus métodos de controle e das características, desenvolvimento e quantidade de massa vegetal das plantas de cobertura. O picador e o distribuidor de palha acoplados às colhedoras automotrizes constituem um método eficiente e de baixo custo para o manejo de resíduos de milho, soja e trigo, onde a faixa de deposição pela colhedora deve ser igual à largura de corte da plataforma.

Quando não se dispõe de colhedoras com picadores ou quando se deseja manejar outras plantas de cobertura, pode-se usar roçadora, triturador ou rolo-faca. Os dois primeiros realizam fragmentação excessiva, recomendada apenas quando há grande quantidade de massa vegetal e quan-

do se utiliza semeadora com espaçamentos entre linhas reduzido (menor que 50 cm). O rolo-faca realiza o acamamento e o corte total ou parcial do material, dependendo de suas características construtivas. Como a palha não é muito picada, a decomposição dos resíduos é mais lenta e sua eficiência depende do tipo de cobertura, do desenvolvimento da planta na época do manejo, da umidade do solo e da regularidade da sua superfície. Além disso, quando a semeadura requer espaçamento menor que a distância de corte das lâminas, aumenta muito a possibilidade de embuchamento da semeadora.

### **Época de semeadura**

A variação da temperatura e da umidade no decorrer das estações do ano tem definido as condições climáticas às quais a cultura estará sujeita durante todo o seu ciclo. Desse modo, a implantação do cultivo na época mais indicada para uma determinada região significa, na maioria dos anos, expor a cultura às condições mais propícias, garantindo crescimento e desenvolvimento adequados das plantas e maior produtividade de grãos.

O girassol é uma planta extremamente adaptável, podendo ser cultivada sob amplo espectro de condições ambientais (Blamey et al., 1997). Conhecida e explorada em várias partes do mundo, pode ser cultivada em períodos de primavera-verão e/ou outono-inverno, dependendo das condições locais. Por apresentar baixa sensibilidade fotoperiódica, desenvolve-se em várias latitudes e ambientes, tanto no hemisfério norte como no sul, fazendo com que as práticas culturais mais adequadas para a obtenção de máximas produções sofram variações dentro de um mesmo país. No Brasil, é uma planta que se adapta em diversas condições edafoclimáticas, podendo ser cultivada desde o Rio Grande do Sul até o estado de Roraima, no hemisfério norte.

No caso do Brasil, recomenda-se especial cuidado em não cultivá-lo em épocas favoráveis ao aparecimento de enfermidades, especialmente aquelas que ocorrem no final do ciclo das plantas, imediatamente após o florescimento (Castro et al., 1996). A baixa sensibilidade fotoperiódica da planta de girassol permite que, no Brasil, o seu cultivo possa ser realizado durante o ano todo, em todas as regiões produtoras de grãos. Porém, altas temperaturas do ar verificadas nos períodos de florescimento, enchimento de aquênios e de colheita têm sido um dos maiores condicionantes para o sucesso da exploração agrícola.

Desse modo, a experiência adquirida junto a produtores rurais e os resultados de pesquisa acumulados permitem indicar as seguintes épocas para a semeadura do girassol no Brasil: no estado do Rio Grande do Sul, a cultura pode ser cultivada entre os meses de julho a setembro (período de inverno-primavera), principalmente pelas suas características de tolerância a geadas na fase inicial do seu desenvolvimento. No estado do Paraná, e sul dos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul, existe a possibilidade de semeadura em duas épocas, nos meses de agosto a setembro, aproveitando o início das chuvas e, de janeiro a fevereiro, no final delas. Na região central do Brasil, caracterizada por invernos menos rigorosos, porém mais secos, o cultivo do girassol ocorre principalmente como segundo cultivo, de fevereiro a início de março, pela sua capacidade de desenvolvimento radicular e mecanismos de tolerância a estresses hídricos. Já nos cerrados do estado de Roraima, a época de semeadura é muito estreita, estabelecendo-se do final de maio a meados de junho (Smiderle et al., 2004). Em resumo, a época ideal de semeadura do girassol será determinada pela disponibilidade hídrica e pela temperatura característica de cada região.

A escolha da época de semeadura pode ser influenciada pela condição de produção em sequeiro ou irrigada, uma vez que o sistema radicular do girassol – fasciculado nos 10-20 cm próximos à superfície do solo e pivotante, possibilita um grande aproveitamento da umidade disponível nas partículas do solo, devendo-se, ainda, considerar que volumes hídricos de 400-500 mm, bem distribuídos durante todo o seu ciclo de desenvolvimento, proporcionam rendimentos satisfatórios de grãos.

Embora a época de semeadura seja um dos fatores que mais influenciam a produção do girassol, variações significativas no rendimento podem ser verificadas para semeaduras numa mesma época. Isto é ocasionado por flutuações climáticas anuais, decorrentes principalmente por uma distribuição irregular das chuvas, os conhecidos veranicos. Uma prática eficiente para evitar tais flutuações é o emprego de duas ou mais cultivares, de diferentes ciclos, numa mesma propriedade, procedimento especialmente indicado para médias e grandes áreas. Desse modo, obtém-se uma ampliação dos períodos críticos da cultura (floração, formação de grãos e maturação), havendo menos prejuízos se ocorrer, entre outros fatores, deficiência ou excesso hídrico, granizo, praga, vento etc., os quais atingirão apenas uma parte da produção (Robelin, 1967).

Portanto, o cultivo do girassol fora das épocas preferenciais indicadas pela pesquisa agrícola compromete o rendimento de grãos, sendo a maior ou menor redução na produtividade das plantas dependente das condições

edafoclimáticas dessas épocas marginais. Por encontrar dificuldade para expressar todo o potencial genético, aumenta-se a probabilidade que determinados fatores bióticos (pássaros e doenças) e abióticos (quebramento e acamamento de plantas), causem perdas significativas.

O enquadramento do girassol em sistemas de rotação e sucessão de culturas é outro fator a ser considerado em relação à época de semeadura, visto a boa capacidade que a planta apresenta em aproveitar os resíduos das adubações dos cultivos anteriores, aumentando a capacidade de aproveitamento da área e do solo (Castro et al., 1996).

## Arranjo de plantas

### Densidade populacional

Trabalhos conduzidos na Embrapa Soja, em Londrina (PR), nas safras 2001/2002 e 2002/2003 com o híbrido Cargill 11 (Silveira et al., 2003; Silveira et al., 2004), demonstraram efeito marcante das condições edafoclimáticas de cada ano sobre o rendimento de grãos de girassol, cultivado com diferentes densidades populacionais, comprovando que há melhor desenvolvimento do cultivo no espaçamento entre linhas de 0,70 m (Tabela 2).

**Tabela 2.** Rendimento de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) do girassol híbrido Cargill 11, em função da combinação do espaçamento entre linhas e da população de plantas, obtido no município de Londrina (PR), nos anos agrícolas de 2001/2002 e 2002/2003.

População de plantas (ha)	Espaçamento entre linhas (m)					
	0,50		0,70		0,90	
	2002	2003	2002	2003	2002	2003
30.000	2033	1554	2349	1999	1656	1368
45.000	2130	1319	2788	1459	2309	1357
60.000	2280	1219	2964	1374	2283	1207
75.000	2581	1128	3483	1093	2952	1433
90.000	2576	1289	4150	904	4194	1209
Média	2320	1239	3147	1366	2679	1315
CV (%) <sup>1</sup>	5,85	24,16	6,54	18,96	9,87	23,49

Fonte: Silveira et al. (2003), Silveira et al. (2004).

A disponibilidade de água foi diretamente relacionada com a população de plantas, possibilitando, em condições hídricas favoráveis, maiores rendimentos de grãos em populações de plantas maiores (75 e 90 mil plantas ha<sup>-1</sup>), como no ano de 2002, independentemente do espaçamento entre fileiras utilizado. Entretanto, em condições limitantes de água (2003), menores populações de plantas por área, particularmente em espaçamento entre fileiras de 0,70 m, possibilitaram melhores produções de grãos. (Silveira et al., 2004). Assim, em girassol irrigado, pode-se aumentar o número de plantas para populações maiores que 45.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Os rendimentos alcançados demonstram o efeito da baixa pluviosidade durante o ciclo da cultura, ocorrida principalmente durante as principais fases de desenvolvimento do girassol. Outra questão, que demonstra o efeito da falta de água para as plantas, foi a redução do ciclo da cultura, com a colheita ocorrendo aos 94 dias após a emergência. Entretanto, independente da produtividade alcançada, observa-se que as maiores produtividades foram conseguidas com as menores populações.

Avaliando o rendimento de grãos de girassol em diferentes espaçamentos entre linhas (Tabela 3), observa-se que 0,90 m foi aquele proporcionou as menores produtividades (Castro & Oliveira, 2005, dados não publicados).

**Tabela 3.** Rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) do girassol híbrido ‘Helio 251’, em função da combinação do espaçamento entre linhas e da população de plantas - safra 2003/04, no município de Londrina, Estado do Paraná, Brasil.

População de plantas (ha)	Espaçamento entre linhas (m)			Média
	0,50	0,70	0,90	
30.000	1951	1845	1666	1821
50.000	1903	1819	1449	1724
70.000	1576	1747	1378	1567
90.000	1412	1438	1334	1395
Média	1711	1712	1457	1627

Fonte: Castro & Oliveira (2005, dados não publicados).

Resultados semelhantes foram relatados por Smirdele et al. (2001), em experimentos conduzidos em Boa Vista, Estado de Roraima, em que as menores produções de grãos sempre foram obtidas com espaçamento de 0,90 m, e as maiores no de 0,80 m entre linha.

Estudos realizados na Argentina por Valetti et al. (1993) demonstram que as plantas de girassol modulam o seu rendimento final de grãos através de mecanismos de compensação, pela alteração do comportamento de determinados componentes da produção, em função da variação na densidade de plantas por área (Tabela 4).

**Tabela 4.** Valores médios dos componentes do rendimento de grãos de girassol em função da variação na densidade de plantas por área, para as condições da região sudeste da província de Buenos Aires, Argentina.

Densidade de plantas (ha)	Capítulo			Peso de 1000 grãos (g)	Teor de óleo (%)	Rendimento de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )
	Diâmetro (cm)	Número de grãos	Peso de grãos (g)			
71400	13,1	680	25,2	36,0	44,8	1711
57100	13,9	772	28,6	35,9	44,5	1664
47600	15,5	930	39,7	41,4	43,8	1725
35700	17,8	1046	50,6	47,0	44,1	1730
28500	18,6	1093	58,8	49,6	44,4	1608
19000	21,8	1403	86,9	58,7	42,6	1563
12600	22,8	1461	88,3	60,4	42,5	1318

Fonte: Valetti et al. (1993).

### **Espaçamento entre linhas de semeadura**

Conforme relatado anteriormente, resultados de pesquisa tem evidenciado que o espaçamento entre linhas de 0,70 m tem proporcionado os melhores rendimentos de grãos para girassol, no Brasil e no exterior. Contudo, sugere-se trabalhar com distâncias entre linhas de até 0,80 m quando forem empregadas plataformas de milho adaptadas para a colheita de girassol e, de até 0,50 m quando forem empregadas plataformas “girassoleiras” ou de soja/trigo adaptadas.

Espaçamentos mais estreitos possibilitam que a cultura atinja mais rapidamente o ponto de fechamento do dossel vegetativo, permitindo melhor controle das plantas daninhas, pelo sombreamento das mesmas.

### **Preparação da “cama” de semeadura**

O grau de eficiência com que se realizar a semeadura de girassol

condicionará o sucesso do cultivo. Segundo Bragachini et al. (1991), a preparação de uma “cama” de semeadura deve realizar-se da melhor maneira possível, independentemente do sistema de preparo do solo adotado. No sistema de semeadura direta, em que a semente é depositada em solos menos revolvidos, apesar das vantagens intrínsecas de boa retenção de umidade, menor erosão superficial por chuva e vento, diminuição dos custos de preparo de solo, menor compactação de solo pelas máquinas, o que reduz, até certo ponto, os riscos climáticos, não se tem garantia de bons resultados de implantação se não forem empregadas, adequadamente, determinadas práticas de produção. Nesse sistema, um fator crítico, é o controle das plantas daninhas, feito quase que exclusivamente com produtos químicos. Brighenti & Castro (2004), avaliando os períodos mais críticos de interferência de plantas daninhas na cultura do girassol cultivado com espaçamento de 0,7 m, encontraram que o período total de prevenção à interferência (PTPI) foi de 30 dias após a emergência (DAE), em sendo o período crítico de prevenção da interferência (PCPI) dos 21 aos 30 DAE da cultura do girassol.

Basicamente, a semeadura pode ser realizada em sulcos, no plano ou em camalhões. A semeadura em sulcos coloca a semente bastante profunda em solo úmido e as plantas novas são protegidas pelos sulcos durante condições de clima adverso, principalmente ventos. No caso de culturas em fileiras, as plantas daninhas nas linhas podem ser cobertas e efetivamente controladas, movendo-se o solo para o sulco à medida que a planta cresce. Essa prática é comumente utilizada na cultura do milho. A semeadura no plano é utilizada quando as condições de umidade natural são favoráveis. A semeadura em camalhões é comumente usada em áreas irrigadas ou em regiões de alta pluviosidade, para melhorar a drenagem superficial.

### **Temperatura e umidade do solo**

De acordo com Balastreire (1987), a temperatura do solo tem um efeito direto sobre outros fatores que afetam a germinação da semente, tais como a permeabilidade das paredes celulares e atividade celular. Para Carvalho & Nakagawa (1980), a temperatura ótima é a que permite a obtenção de maior porcentagem de germinação, no menor espaço de tempo e definida geneticamente e também das condições fisiológicas da semente.

As temperaturas mínimas de solo ótimas nas quais a germinação da semente ocorre rapidamente, resultando em emergência de plântulas sem problema, oscilam entre 10° e 12° C (Bragachini, 2002). Em valores

abaixo desses e até 6° C, a germinação é mais lenta e os riscos por danos de insetos e fungos são maiores (Carvalho & Nakagawa, 1980). A temperatura média ideal para a espécie é de 21° C e temperaturas de solo acima de 25° C aumenta o risco de falhas na emergência das plântulas.

Por outro lado, temperaturas do solo muito altas podem afetar a germinação e o desenvolvimento da plântula, sendo o padrão da cultura diretamente influenciado pela duração das temperaturas elevadas. Elevação da temperatura do solo aumenta a razão de respiração nas raízes, requerendo uma razão de troca maior de oxigênio e gases resultantes da respiração no solo, sem o que a plântula será prejudicada fisiologicamente.

A temperatura do solo está intimamente relacionada com a sua cobertura (Balastreire, 1987). Se existir cobertura morta no solo, a temperatura pode estar 15° e 5° graus centígrados, a 1 cm e 5 cm abaixo da superfície, respectivamente, quando comparado com um solo desprotegido. Pelo mesmo motivo, a umidade do solo coberto também é maior, obtendo-se desta forma um duplo efeito benéfico da cobertura morta, principalmente em regiões onde a temperatura do solo tende a se elevar muito, como no girassol cultivado na safrinha nos cerrados. Assim, a adoção de sistemas de manejo que propiciem a produção de cobertura morta deve ser buscada.

A semente quando colocada no solo está em estado de dormência, com teor de umidade que varia de 7% a 13%, para a maioria das espécies. Para que a semente germine, é necessário haver disponibilidade de água no solo para a liberação do embrião pela ruptura da película que a envolve. A maioria das sementes das plantas cultivadas inicia a germinação quando seus teores de umidade variam entre 30% e 60%.

A umidade do solo é retirada pela semente através de um processo de embebição, puramente físico, onde tomam parte os colóides contidos na semente (Carvalho & Nakagawa, 1980), que podem dobrar o seu peso nas primeiras 10 horas, em solo úmido. Para que a umidade esteja disponível para a semente, ela se movimenta no solo, obedecendo ao gradiente de umidade, havendo, portanto, necessidade de um bom contato entre a semente e o solo.

Em solo compactado, a razão de alongação da radícula pode ser diminuída, reduzindo a capacidade da plântula em absorver umidade para atender às necessidades, afetando o estabelecimento das plantas. Essas são algumas das razões pelas quais a compactação adquire importância muito grande desde a germinação e deve, portanto, ser observada no cultivo do girassol.

## **Compactação e formação de crostas no solo**

Após a embebição e o desenvolvimento do eixo embrionário, ocorre o rompimento do tegumento e do pericarpo, conhecido como casca. A radícula se estabelece rapidamente, criando uma superfície de absorção de água e de nutrientes e, posteriormente, ocorre o desenvolvimento do caulículo, dividido em duas partes, o hipocótilo e o epicótilo, que, baseado na inserção dos cotilédones é epígeo.

Se a raiz encontra camadas compactadas, o processo de elongação celular se detém e o desenvolvimento radicular final é reduzido, como também o desenvolvimento da parte aérea da planta. Essa situação diminui a exploração do perfil do solo e, conseqüentemente, o desenvolvimento da planta e o rendimento de grãos. Essa situação é particularmente grave em cultivos de sequeiro. Se houver uma camada densa de solo ou de torrões, dificulta a emergência da plântula, e o desenvolvimento das plantas é afetado.

Pelo tipo de raiz pivotante que a planta de girassol desenvolve, com um crescimento definido, ocorre uma grande capacidade de exploração de camadas mais profundas do subsolo, alcançando nutrientes que não estão disponíveis para outros cultivos (Bragachini, 2002), além da possibilidade de explorar um maior volume de água. Porém, essa capacidade de exploração está intimamente relacionada à compactação do solo e ao teor de alumínio tóxico nas camadas subsuperficiais.

## **Profundidade de sementeira**

A profundidade de deposição da semente de girassol dependerá da temperatura, tipo e teor de umidade do solo. Recomenda-se semear girassol a partir do momento em que a temperatura do solo, a cinco centímetros de profundidade, alcance os 7°C (Aguirrezábal & Andrade, 2002) a 10°C (Gómez-Árnau, 1988), enquanto que a temperatura ótima está ao redor de 26°C (Connor & Hall, 1997) e, sempre que houver umidade suficiente no solo a fim de proporcionar emergência e germinação mais rápidas e uniformes.

Por apresentar inserção epígea dos cotilédones, o sistema de emergência consiste em emitir os dois cotilédones sobre o solo, o que representa maior dificuldade frente a problemas físicos do solo. Em geral, a semente de girassol deve ser depositada entre 4 e 5 cm de profundidade. Porém, se o solo é arenoso e não apresenta umidade adequada, pode-se chegar até 7 cm de profundidade.

O mais importante é que, estabelecida a profundidade de sementeira, essa se mantenha constante. A maioria dos sistemas mecanizados de semea-

dura possibilita um bom controle da profundidade de sementeira, especialmente quando a quantidade de palha deixada pelo cultivo anterior não é elevada ou é bem distribuída; especial atenção deve ser dada à regulação da profundidade de sementeira quando o volume de restos vegetais é elevado. Novamente, a velocidade de deslocamento constitui, também, um fator importante para conseguir uniformidade na profundidade de sementeira.

Pela deposição da semente em covas, a ocorrência de condições de lavouras com baixa população ou com desuniformidade na distribuição na linha de sementeira, pode proporcionar condições favoráveis para reinfestações da lavoura por plantas daninhas.

## **Considerações finais**

Com base nas informações apresentadas, observa-se que a operação de sementeira em girassol representa uma parte bastante importante e difícil do sistema de produção dessa oleaginosa.

Diversos levantamentos técnicos realizados em lavouras de girassol informam que não se tem conseguido uma distribuição uniforme de semente na linha de sementeira, sendo essa a dificuldade mais freqüente do pacote tecnológico, relatada por técnicos e produtores rurais.

A sementeira é, provavelmente, a operação mais importante do manejo de cultivo do girassol. De modo geral, tem sido observado em diversos levantamentos, em condições de lavouras, que a distribuição da semente e, conseqüentemente, a uniformidade e o desenvolvimento futuro das plantas, é o principal ponto falho do pacote tecnológico.

Assim, não obstante a capacidade do girassol de compensar falha de estande na linha de sementeira, com o maior desenvolvimento das plantas isoladas, tem os limites impostos pela genética da planta. Dessa maneira, parte do potencial produtivo das cultivares de girassol não se expressa devido à distribuição irregular das plantas, o que vem comprometer o sucesso da cultura.

## **Referências**

AGUIRREZÁBAL, L.A.N.; ANDRADE, F.H. Ecofisiología. In: DÍAZ-ZORITA, M.; DUARTE, G.A. (Ed.). **Manual práctico para el cultivo de girasol**. Buenos Aires: Hemisferio Sur, 2002. p.27-49.

- BALASTREIRE, L.A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 310p.
- BLAMEY, F.P.C.; ZOLLINGER, R.K.; SCHNEITER, A.A. Sunflower production and culture. In: A. A. SCHNEITER (Ed.) **Sunflower technology and production**. Madison: American Society of Agronomy, 1997. p.595-670. (Agronomy. Series of monographs, 35).
- BRAGACHINI, M.; BONETTO, L.; BONGIOVANNI, R.; CAPURRO, J. **Siembra y cosecha de girasol**. Manfredi: INTA, 1991. 52p. (INTA. Cuaderno de actualización técnica, 9).
- BRAGACHINI, M.; MARTIN, A.; MÉNDEZ, A. Eficiencia de cosecha de girasol. In: DÍAZ-ZORITA, M.; DUARTE, G.A. (Ed.). **Manual práctico para el cultivo de girasol**. Buenos Aires: Hemisferio Sur, 2002. p.
- BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. de. Graminicides and boron compatibility for volunteer corn control and mineral nutrition in sunflower. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 16., 2004, Fargo. **Proceedings...** Fargo, 2004. p.339-342.
- CAPURRO, J.A.; EXILART, J.P. Preparación de la sembradora y operación de siembra. In: PEREYRA, V.R.; VALETTI, O.E. (Ed.). **Producción de girasol: manual para productores del sudeste bonaerense**. Balcarce: INTA, 1993. p.9/1-9/11.
- CARTER, J. F. (Ed.). **Sunflower science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 1978. 505 p. (Agronomy. Series of monographs, 19).
- CARVALHO, C.G.P.; COELHO, F.F.; OLIVEIRA, A.C.B.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, A.B.; SILVEIRA, J.M.; LEITE, R.M.V.B.C.; VIEIRA, O.V. **Informes da avaliação de genótipos de girassol 2003/2004 e 2004**. Londrina: Embrapa Soja, 2004. 91p. (Embrapa Soja. Documentos, 250).
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Campinas: Fundação Cargill, 1980. 326p.
- CASTRO, C.; CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A.; LEITE, R.M.V.B.C.; KARAM, D.; MELLO, H.C.; GUEDES, L.C.A.; FARIAS, J.R.B. **A cultura do girassol**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1996. 36p. (EMBRAPA-CNPSo. Circular Técnica, 13).
- CONNOR, J.D. ; HALL, A.J. Sunflower physiology. SCHNEITER, A. A. (Ed.). **Sunflower technology and production**. Madison: American Society of Agronomy, 1997. p.113-181. (Agronomy. Series of monographs, 35).
- CUTTER, E. G. **Anatomia vegetal: experimentos e interpretação - órgãos**. São Paulo: Roca, 1987. pt.2. 336p.
- ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes**. São Paulo: Blucher, 1974. 293p.

FERRI, M.G. **Botânica:** morfologia externa das plantas (organografia). São Paulo: Edições Melhoramentos, 1977. 149p.

GÓMEZ-ARNAU, J. **El cultivo del girasol**. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1988. 31 p. (MAPA. Hojas divulgadoras, 20).

MACHADO, A.L.T. Prevenção custa menos. **Cultivar**, Pelotas, v.1, n.4, p.12-14, 2004.

PUTT, E.D. Early history of sunflower. In: SCHNEITER, A. A. (Ed.). **Sunflower technology and production**. Madison: American Society of Agronomy, 1997. p.1-19. (Agronomy. Series of monographs, 35).

ROBELIN, M. Action et arrière-action de la sécheresse sur la croissance et la production du tournesol. **Annales Agronomiques**, Paris, v.18, n.6, p.579-599, 1967.

SILVA, M.R. da; DANIEL, L.A. Sintonia necessária. **Cultivar**, Pelotas, v.3, n.32, p.26-28, 2004.

SILVEIRA, J.M.; BALLA, A.; MESQUITA, C.M. **Adaptação de plataforma de milho para a colheita do girassol**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1993. 1 folder.

SILVEIRA, J.M.; CASTRO, C.; KRZYŻANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; SARAIVA, O. Aspectos fitotécnicos do cultivo do girassol, relacionados à distribuição espacial de plantas, restos vegetais e qualidade de sementes. In: EMBRAPA SOJA. **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja 2002**. Londrina, 2003. p.50-56. (Embrapa Soja. Documentos, 218).

SILVEIRA, J.M.; CASTRO, C.; KRZYŻANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; SARAIVA, O. Aspectos fitotécnicos do cultivo do girassol, relacionados à distribuição espacial de plantas, restos vegetais e qualidade de sementes. In: EMBRAPA SOJA. **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja 2003**. Londrina, 2004. p.27-30. (Embrapa Soja. Documentos, 242).

SIQUEIRA, R. **Trabalhador no cultivo de grãos e oleaginosas:** máquinas para manejo de coberturas e semeadora no sistema de plantio direto. Curitiba: Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – SENAR/PR, 2004. 88p.

SIQUEIRA, R.; CASÃO JUNIOR, R.; ARAÚJO, A.G. Escolha certa. **Cultivar**, Pelotas, v.1, n.4, p.15-19, 2004.

SMIDERLE, O.J.; GIANLUPPI, D.; GIANLUPPI, V. Adubação nitrogenada, espaçamento e épocas de semeadura de girassol nos cerrados de Roraima. In: EMBRAPA SOJA. **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja 2001**. Londrina, 2001. p. 24-31. (Embrapa Soja. Documentos, 199).

TECNOLOGIAS de produção de soja - região central do Brasil 2005. Lon-

drina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste: Fundação Meridional, 2004. 239p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 6).

VALETTI, O.E.; PEREYRA, V.R.; IRIARTE, L.B. Densidad de siembra y densidad de plantas en el cultivo. In: PEREYRA, V.R.; VALETTI, O.E. (Ed.). **Producción de girasol:** manual para productores del sudeste bonaerense. Balcarce: INTA, 1993. p.7/1-7/5.

VRÂNCEANU, A.V. **El girasol.** Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1977. 379p.



Alexandre Magno Brighenti  
César de Castro  
Dionísio Luiz Pisa Gazziero  
Elemar Voll

## **Introdução**

As plantas daninhas interferem sobre as culturas agrícolas reduzindo-lhes, principalmente, o rendimento. Essa interferência ocorre, diretamente por meio da competição por água, luz e nutrientes e pela inibição química, afetando a germinação e o desenvolvimento das plantas cultivadas (alelopatia). Indiretamente, as espécies infestantes podem causar prejuízos aos cultivos por hospedarem insetos-pragas, fungos e nematóides; além de dificultar os trabalhos de colheita e depreciar a qualidade do produto colhido.

Dentre os fatores que contribuem para a redução da produtividade da cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.), destaca-se a interferência causada pelas plantas daninhas. A presença dessas espécies durante as primeiras etapas do ciclo de cultivo do girassol resulta em plantas cloróticas, de menor porte, com diminuição severa da área foliar, do diâmetro de caule e do capítulo (Blamey et al., 1997). Quando são analisados os componentes do rendimento, o número de aquênios por capítulo é o mais afetado (Bedmar et al., 1983). Quanto ao rendimento de grãos, as perdas que as plantas daninhas causam ao girassol podem chegar a valores entre 23% a 75% (Vidal & Merotto Jr., 2001).

## **Plantas infestantes da cultura**

O girassol é cultivado em vários estados brasileiros, destacando, principalmente, Goiás, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, São Paulo e Minas Gerais. Como as condições edafoclimáticas são variadas, é de se esperar que as plantas daninhas que ocorrem nas lavouras

também variem de estado para estado e de local para local, dentro do mesmo estado. Além disso, outros fatores contribuem para a determinação da flora daninha, tais como o manejo adotado em cada lavoura, proximidades de outras lavouras, com infestação própria e lavouras cultivadas anteriormente no mesmo local.

Assim, para se estabelecerem métodos adequados de controle, é importante que sejam feitos levantamentos das plantas daninhas presentes, pois um mesmo método de controle não apresenta eficácia para controlar todas as espécies existentes na área a ser cultivada. Além disso, quando se trata do controle químico de plantas daninhas, são mencionadas as principais espécies e se foram controladas ou não pelo herbicida. Entretanto, são raros os trabalhos que apresentam a análise quantitativa das espécies infestantes ocorrentes nas principais culturas.

Para a cultura do girassol, foi realizado um levantamento fitossociológico das espécies daninhas na região dos Cerrados do Brasil, atualmente, a maior região produtora de girassol no País. Foram amostradas, no período de maio a junho de 2002, 51 propriedades de quatro municípios, totalizando uma área de 583 m<sup>2</sup>. As espécies daninhas foram identificadas e contadas, obtendo os valores de frequência, densidade, abundância e índice de importância relativa. Houve predominância de espécies dicotiledôneas anuais sobre as monocotiledôneas (Brighenti et al., 2003a). Na Tabela 1 e na Fig. 1, são mencionadas 42 espécies de plantas daninhas encontradas em lavouras de girassol no Brasil Central. As espécies cadastradas pertenciam a 15 famílias, sendo Poaceae, Asteraceae e Euphorbiaceae as que apresentaram maior número. As dez principais espécies daninhas em ordem decrescente de importância são o mentrasto (*Ageratum conyzoides*), a erva-de-Santa-Luzia (*Chamaesyce hirta*), o capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*), o picão-preto (*Bidens* sp.), o amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla*), a trapoeraba (*Commelina benghalensis*), a soja voluntária (*Glycine max*), o capim-colchão (*Digitaria* sp.), a corda-de-viola (*Ipomoea* sp.) e o cordão-de-frade (*Leonotis nepetifolia*).

Como a cultura do girassol na região dos Cerrados é implantada após a soja ou o milho, ocorre emergência de plantas voluntárias dessas culturas no girassol semeado em sucessão, em função de perdas excessivas no processo de colheita. Esse fato foi verificado pela presença da soja voluntária em todos os municípios amostrados e do milho voluntário em Jataí, GO (Brighenti et al., 2003a). Plantas voluntárias de milho são facilmente eliminadas com aplicações de herbicidas gramínicidas, em pós-emergência da cultura do girassol (Brighenti et al., 2003a; 2003b). Entretanto, plantas voluntárias de soja são de difícil controle, em pós-emergência da cultura.

**Tabela 1.** Nome científico e comum, número de plantas, densidade (plantas m<sup>-2</sup>) e índice de importância relativa (%) de espécies daninhas em lavouras de girassol em municípios do sudoeste do Estado de Goiás (Chapadão do Céu, Jataí e Montividiu) e Chapadão do Sul, MS.

Nome científico	Nome comum	Número de plantas	Densidade	Índice de importância relativa
<i>Ageratum conyzoides</i>	Mentraso	3.862	6,624	38,84
<i>Chamaesyce hirta</i>	Erva-de-Santa-Luzia	3.410	5,849	38,46
<i>Cenchrus echinatus</i>	Capim-carrapicho	3.397	5,827	35,80
<i>Bidens</i> sp.	Picão-preto	2.042	3,503	26,21
<i>Euphorbia heterophylla</i>	Amendoim-bravo	1.355	2,324	18,32
<i>Commelina benghalensis</i>	Trapoeiraba	875	1,501	14,36
<i>Glycine max</i>	Soja voluntária	864	1,482	13,58
<i>Digitaria</i> sp.	Capim-colchão	511	0,877	9,46
<i>Ipomoea</i> sp.	Corda-de-violão	262	0,449	7,59
<i>Leonotis nepetifolia</i>	Cordão-de-frade	336	0,576	7,37
<i>Leucas martinicensis</i>	Hortelã	229	0,393	6,79
<i>Eleusine indica</i>	Capim-pé-de-galinha	297	0,509	6,77
<i>Sida rhombifolia</i>	Guaxuma	293	0,503	6,70
<i>Echinochloa</i> sp.	Capim arroz	52	0,089	6,50
<i>Alternanthera tenella</i>	Apaga fogo	252	0,432	6,12
<i>Rhynchelytrum repens</i>	Capim favorito	204	0,350	5,87
<i>Acanthospermum australe</i>	Carrapicho rasteiro	128	0,220	5,02
<i>Tridax procumbens</i>	Erva-de-touro	156	0,268	4,80
<i>Amaranthus</i> sp.	Caruru	159	0,273	4,79
<i>Phyllanthus tenellus</i>	Quebra-pedra	123	0,211	3,97
<i>Zea mays</i>	Milho voluntário	17	0,029	2,71
<i>Cyperus</i> sp.	Tiririca	57	0,098	2,66

Continua...

Nome científico	Nome comum	Número de plantas	Densidade	Índice de importância relativa
...Continuação Tabela 1				
<i>Conyza bonariensis</i>	Buva	45	0,077	2,47
<i>Melampodium perfoliatum</i>	Estrelinha	30	0,051	2,29
<i>Emilia sonchifolia</i>	Falsa serralha	35	0,060	2,10
<i>Spermacoce latifolia</i>	Erva quente	36	0,062	2,03
<i>Digitaria insularis</i>	Capim amargoso	37	0,063	2,02
<i>Brachiaria decumbens</i>	Capim braquiária	20	0,034	1,54
<i>Richardia brasiliensis</i>	Poaia branca	9	0,015	1,51
<i>Desmodium tortuosum</i>	Desmódio	15	0,026	1,40
<i>Raphanus raphanistrum</i>	Nabiça	12	0,021	1,33
<i>Solanum americanum</i>	Maria pretinha	14	0,024	1,24
<i>Senna obtusifolia</i>	Fedegoso	11	0,019	1,24
<i>Ricinus communis</i>	Mamona	2	0,003	1,21
<i>Nicandra physaloides</i>	Joá-de-capote	9	0,015	1,07
<i>Croton glandulosus</i>	Gervão branco	6	0,010	1,06
<i>Panicum maximum</i>	Capim colônia	7	0,012	1,04
<i>Acanthospermum hispidum</i>	Carrapicho-de-carneiro	8	0,014	0,93
<i>Chamaesyce hyssopifolia</i>	Erva andorinha	5	0,009	0,80
<i>Pennisetum setosum</i>	Capim custódio	5	0,009	0,80
<i>Brachiaria plantaginea</i>	Capim marmelada	1	0,002	0,62
<i>Portulaca oleraceae</i>	Beldroega	1	0,002	0,62
Total	-	19.189	32,914	-

Fonte: Brighenti et al. (2003a).



*Ageratum conyzoides*

Família: Asteraceae  
Nome comum: Mentrasto



*Chamaesyce hirta*

Família: Euphorbiaceae  
Nome comum: Erva-de-Santa-Luzia



*Cenchrus echinatus*

Família: Poaceae  
Nome comum: Capim-carrapicho

**Fig. 1.** Principais espécies de plantas daninhas infestantes da cultura do girassol na região dos Cerrados do Brasil.

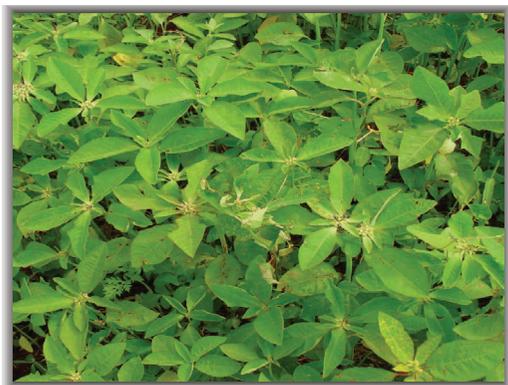
Fonte: (Brighenti et al., 2003a)

...Continuação Figura 1



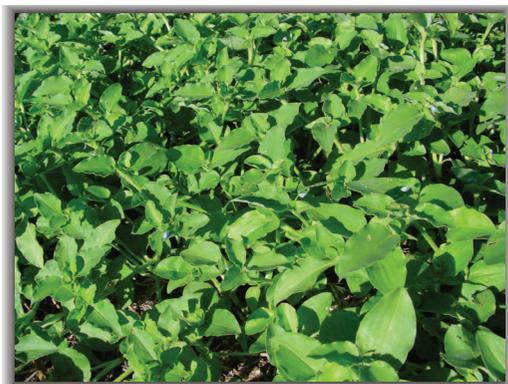
*Bidens* sp.

Família: Asteraceae  
Nome comum: Picão-preto



*Euphorbia heterophylla*

Família: Euphorbiaceae  
Nome comum: Amendoim-bravo

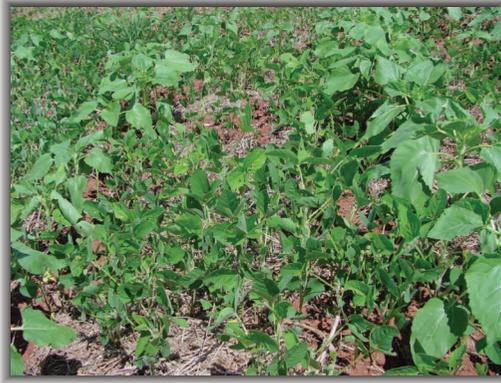


*Commelina benghalensis*

Família: Commelinaceae  
Nome comum: Trapoeraba

Continua...

...Continuação Figura 1



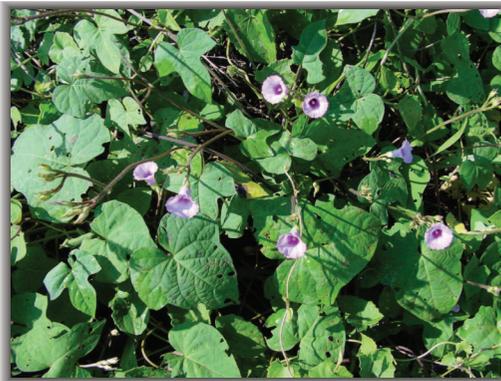
*Glycine max*

Família: Fabaceae  
Nome comum: Soja voluntária



*Digitaria sp.*

Família: Poaceae  
Nome comum: Capim-colchão



*Ipomoea sp.*

Família: Convolvulaceae  
Nome comum: Corda-de-viola

Continua...

...Continuação Figura 1



*Leonotis nepetifolia*

Família: Lamiaceae  
Nome comum: Cordão-de-frade



*Leucas martinicensis*

Família: Lamiaceae  
Nome comum: Hortelã



*Eleusine indica*

Família: Poaceae  
Nome comum: Capim-pé-de-galinha

Continua...

...Continuação Figura 1



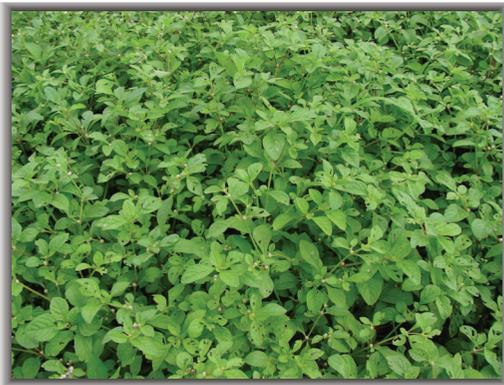
*Sida rhombifolia*

Família: Malvaceae  
Nome comum: Guanxuma



*Echinochloa* sp.

Família: Poaceae  
Nome comum: Capim-arroz



*Alternanthera tenella*

Família: Amaranthaceae  
Nome comum: Apaga fogo

Continua...

...Continuação Figura 1



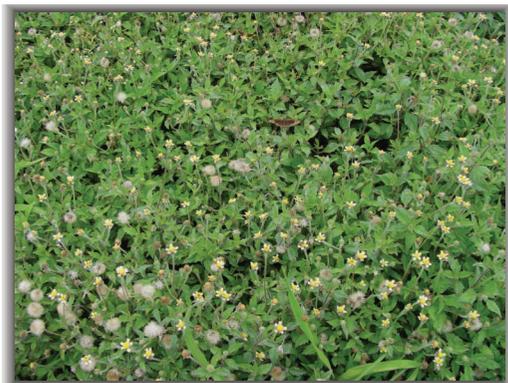
*Rhynchelytrum repens*

Família: Poaceae  
Nome comum: Capim favorito



*Acanthospermum australe*

Família: Asteraceae  
Nome comum: Carrapicho rasteiro



*Tridax procumbens*

Família: Asteraceae  
Nome comum: Erva-de-touro

Continua...

...Continuação Figura 1



*Amaranthus* sp.

Família: Amaranthaceae  
Nome comum: Caruru



*Phyllanthus tenellus*

Família: Euphorbiaceae  
Nome comum: Quebra-pedra

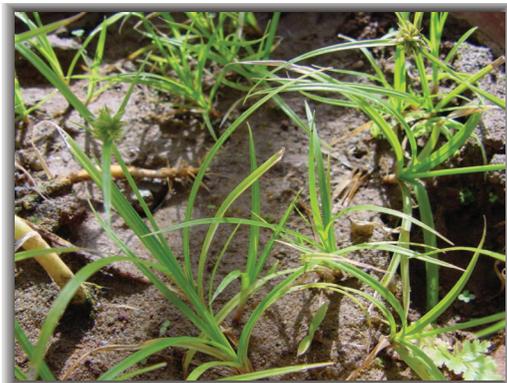


*Zea mays*

Família: Poaceae  
Nome comum: Milho voluntário

Continua...

...Continuação Figura 1



*Cyperus* sp.

Família: Cyperaceae  
Nome comum: Tiririca



*Conyza bonariensis*

Família: Asteraceae  
Nome comum: Buva



*Melampodium perfoliatum*

Família: Asteraceae  
Nome comum: Estrelinha

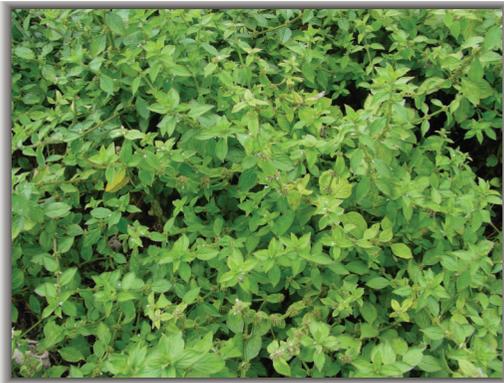
Continua...

...Continuação Figura 1



*Emilia sonchifolia*

Família: Asteraceae  
Nome comum: Falsa serralha



*Spermacoce latifolia*

Família: Rubiaceae  
Nome comum: Erva quente



*Digitaria insularis*

Família: Poaceae  
Nome comum: Capim amargoso

Continua...

...Continuação Figura 1



*Brachiaria decumbens*

Família: Poaceae  
Nome comum: Capim braquiária



*Richardia brasiliensis*

Família: Rubiaceae  
Nome comum: Poaia branca

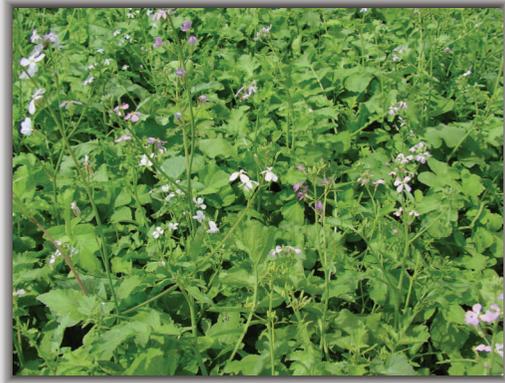


*Desmodium tortuosum*

Família: Fabaceae  
Nome comum: Desmódio

Continua...

...Continuação Figura 1



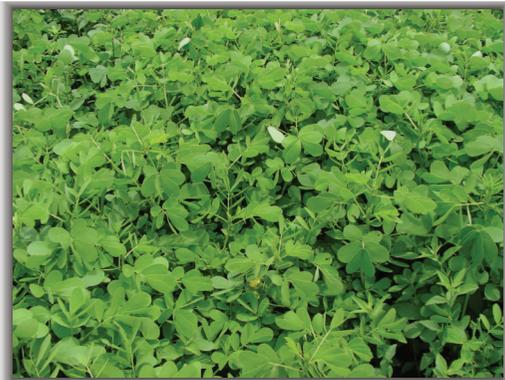
*Raphanus raphanistrum*

Família: Brassicaceae  
Nome comum: Nabiça



*Solanum americanum*

Família: Solanaceae  
Nome comum: Maria pretinha



*Senna obtusifolia*

Família: Fabaceae  
Nome comum: Fedegoso

Continua...

...Continuação Figura 1



*Ricinus communis*

Familia: Euphorbiaceae  
Nome comum: Mamona



*Nicandra physaloides*

Familia: Solanaceae  
Nome comum: João-de-capote



*Croton glandulosus*

Familia: Euphorbiaceae  
Nome comum: Gervão branco

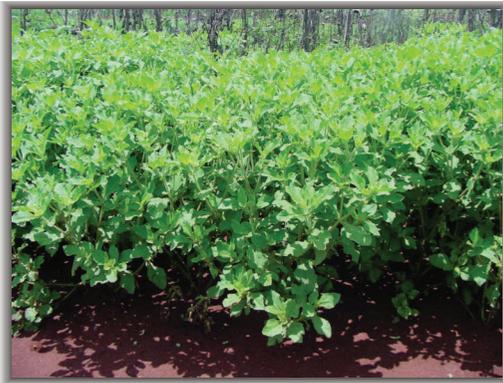
Continua...

...Continuação Figura 1



*Panicum maximum*

Família: Poaceae  
Nome comum: Capim colômbio



*Acanthospermum hispidum*

Família: Asteraceae  
Nome comum: Carrapicho-de-carneiro



*Chamaesyce hyssoipifolia*

Família: Euphorbiaceae  
Nome comum: Erva-andorinha

Continua...

...Continuação Figura 1



*Pennisetum setosum*

Família: Poaceae  
Nome comum: Capim custódio



*Brachiaria plantaginea*

Família Poaceae  
Nome comum: Capim marmelada



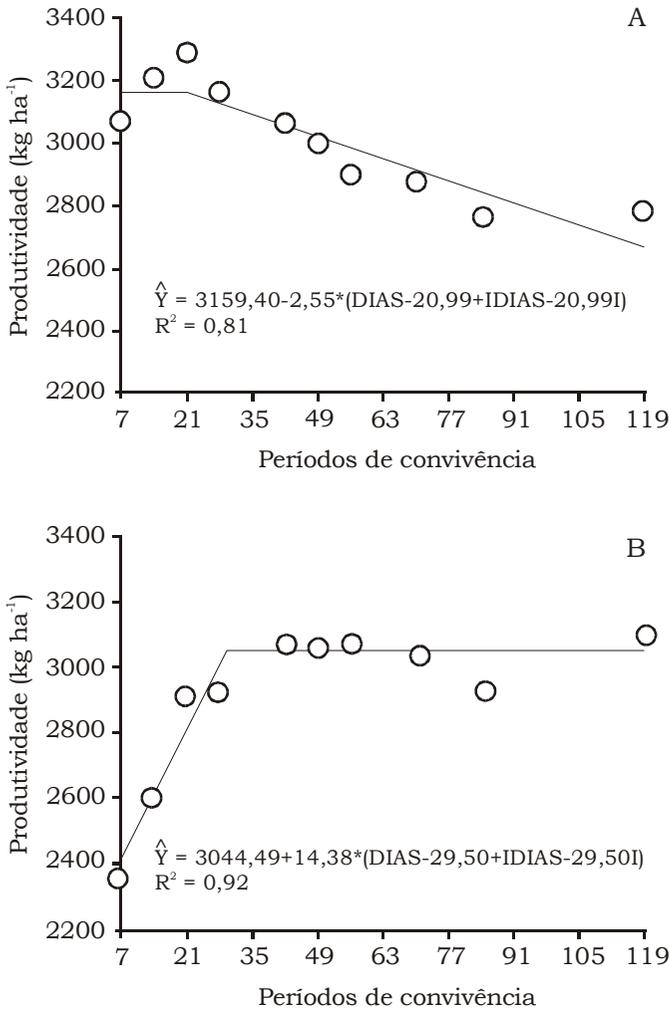
*Portulaca oleracea*

Família: Portulacaceae  
Nome comum: Beldroega

## **Período de convivência entre as plantas daninhas e a cultura**

Denomina-se período de convivência o espaço de tempo em que convivem, em um mesmo local, as plantas cultivadas e as plantas daninhas. Essa convivência entre plantas resulta, inevitavelmente, em interferência de umas sobre as outras, caracterizada pela competição por fatores de produção como água, nutrientes, CO<sub>2</sub>, radiação solar e pela ação química de compostos alelopáticos, que causam inibição do crescimento ou, até mesmo, inibição da germinação de sementes de outras espécies. A intensidade dos efeitos negativos resultantes da convivência de culturas e plantas daninhas depende das espécies envolvidas, da sua frequência, da duração do período dessa convivência e da fase do ciclo em que ocorre. Depende também da cultivar a ser utilizada, de seu manejo cultural (população, espaçamento entrelinhas da cultura, densidade), fertilidade do solo e disponibilidade de água e nutrientes.

O período em que as plantas daninhas convivem por um determinado tempo inicial do ciclo da cultura, sem que ocorram prejuízos à espécie cultivada, denomina-se período anterior à interferência (PAI). Também existe o período chamado período total de prevenção a interferência (PTPI), que é aquele em que, após a emergência, a cultura deve se desenvolver livre da presença de plantas daninhas, a fim de que sua produtividade não seja alterada significativamente. A comunidade de espécies daninhas que se instalar após esse período não mais terá condições de interferir, de maneira significativa, sobre a produtividade da planta cultivada. Após esse período, a cultura apresenta capacidade de, por si só, controlar as plantas daninhas que emergirem. Entre o PAI e o PTPI, ocorre um terceiro período chamado período crítico de prevenção à interferência (PCPI). Esse período corresponde à fase em que as práticas de controle devem ser efetivamente adotadas. Trabalhos dessa natureza foram desenvolvidos em girassol por Brighenti et al. (2004a), revelando que o girassol convive com as espécies daninhas (PAI) até 21 dias após a emergência da cultura (DAE) (Fig. 2A), sem redução na produtividade, e que o período crítico de prevenção à interferência (PCPI) estende-se dos 21 aos 30 DAE. Nesse intervalo, as práticas de controle de plantas daninhas devem ser realizadas. Foi determinado ainda o período total de prevenção à interferência (PTPI) como sendo 30 DAE (Fig. 2B). Isso significa que, mantendo a cultura livre de plantas daninhas da emergência até essa data, as espécies infestantes que se instalarem posteriormente não serão capazes de causar redução à produtividade do girassol.



**Fig. 2.** Produtividade da cultura do girassol, em função de períodos de convivência na presença (A) e na ausência (B) de plantas de *Bidens subalternans*. Embrapa Soja, Londrina, PR.

A etapa de maior sensibilidade do girassol em convivência com plantas daninhas encontra-se entre a emissão das 8<sup>a</sup> e 10<sup>a</sup> folha até o princípio de floração. Nesse período, chamado de alongação, a planta apresenta maior ritmo de crescimento de folhas, raízes, caule, com diferenciação dos órgãos reprodutivos e elevada absorção de água e nutrientes. Após a emissão do capítulo, as plantas daninhas que surgem não prejudicam, signifi-

cativamente, a cultura, devido à maior capacidade competitiva do girassol neste período. De acordo com Catullo et al. (1983), é necessário manter o girassol livre de plantas daninhas até 30 a 40 dias após a semeadura. Fleck et al. (1989) verificaram um limite máximo de 15 a 20 dias após a emergência do girassol para início do controle e que os maiores incrementos no número de grãos por capítulo e no rendimento foram obtidos quando a cultura foi mantida sem a presença de plantas daninhas durante um período de 40 a 45 dias após a emergência. Johnson (1971) verificou que as maiores produtividades de girassol foram obtidas quando a cultura foi mantida livre de plantas daninhas, por um período de quatro a seis semanas, após a semeadura.

## **Controle das plantas daninhas**

O manejo de plantas daninhas infestantes, além de possibilitar a obtenção de rendimentos mais elevados com a cultura do girassol, facilita os tratamentos culturais. Além disso, mantém a lavoura livre de plantas hospedeiras de patógenos, de insetos vetores e evita a formação de microclima favorável ao desenvolvimento de algumas doenças.

Esse manejo pode ser efetuado por meio de vários métodos, destacando-se o preventivo, o cultural, o mecânico e o químico. Na cultura do girassol, predomina a utilização de métodos mecânicos e químicos. Entretanto, o uso de uma única prática de manejo de plantas daninhas não é suficiente para solucionar o problema da interferência de espécies infestantes e culturas. Deste modo, quando se utiliza uma associação de métodos de manejo, há melhoria no controle das espécies daninhas, além de ganho econômico em todo o processo.

### **Controle preventivo**

O primeiro cuidado, ao se instalar a lavoura, é evitar a introdução de novas espécies na área cultivada, além de não permitir a entrada de mais disseminulos de espécies já existentes. Especial atenção deve ser dada a espécies de controle problemático, como a tiririca (*Cyperus rotundus*), a grama-bermuda (*Cynodon dactylon*), o capim-massambará (*Sorghum halepense*), o capim-amargoso (*Digitaria insularis*), entre outras. Grandes infestações podem iniciar com a ocorrência de pequenas quantidades de semente.

A disseminação de plantas daninhas ocorre, principalmente, pelo desconhecimento do problema, pela subestimação ou desinteresse do agricultor e pela falta de planejamento, a longo prazo. Algumas práticas são indicadas como forma de evitar a disseminação:

- a) utilizar semente com elevada pureza varietal, proveniente de campos controlados, ou seja, a semente da cultura deve estar isenta de propágulos de outras espécies;
- b) promover a limpeza rigorosa das máquinas e dos implementos, antes de serem transportados para outras áreas, bem como não permitir que animais se tornem veículos de disseminação;
- c) controlar o desenvolvimento das plantas daninhas, impedindo a produção de sementes e estruturas de reprodução às margens de cercas, estradas, terraços, canais de irrigação e outros locais da propriedade;
- d) utilizar métodos para o controle de focos de plantas daninhas, desde a catação manual, até a aplicação localizada de herbicidas, principalmente para o caso de plantas de difícil controle;
- e) utilizar rotação de culturas e de herbicidas de mecanismos de ação diferentes, permitindo alterar a composição da flora daninha e reduzir a população de algumas espécies; sendo também prática recomendada para evitar a seleção de biótipos de espécies daninhas resistentes e tolerantes;
- f) quando da utilização de algum tipo de adubo orgânico (esterco), observar a existência de estruturas de disseminação de plantas daninhas, principalmente as de difícil controle como a tiririca e a grama-bermuda;
- g) na entressafra, caso não haja outra cultura, é importante controlar as plantas daninhas para que não haja produção de grande quantidade de sementes; e
- f) estar atento para que sementes de planta daninhas, não sejam transportadas através de roupas e pêlos de animais como, por exemplo, as do picão-preto (*Bidens pilosa* e *Bidens subalternans*) e as do capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*).

## **Controle cultural**

Este método é extremamente importante, pois visa dar condições favoráveis ao pronto estabelecimento da planta cultivada, em detrimento ao da

planta daninha. O controle cultural nem sempre reduz a população de plantas daninhas a níveis suficientes, porém minimiza os danos.

Dentre as diversas práticas culturais, destacam-se a escolha da cultivar, a correção do solo e a adubação, o preparo do solo, o manejo populacional, os tratos culturais e a rotação de culturas.

### **Escolha da cultivar**

As cultivares de girassol apresentam variações na suas características morfológicas de crescimento, que influenciam na capacidade de interferência com as plantas daninhas. Cultivares de rápido crescimento, de maior altura, alto índice de área foliar, sistema radicular profundo, de grande capacidade de recrutamento de recursos do meio e alto poder de interceptação da luz solar dificultam o acesso e a utilização dos recursos pela comunidade de plantas daninhas.

### **Correção do solo e adubação**

A correção da acidez do solo pode favorecer o controle de algumas espécies de plantas daninhas adaptadas a solos ácidos, tais como o carrapicho rasteiro (*Acanthospermum australe*), a samambaia (*Pteridium aquilinum*) e o sapé (*Imperata brasiliensis*). Embora não seja uma prática que favoreça o controle da maioria das espécies, pode ser considerada em alguns casos.

Também, a prática de distribuição do adubo próximo ao sulco facilita a sua utilização pelas plantas cultivadas, auxiliando no aspecto competitivo.

### **Preparo do solo**

O preparo do solo, quando bem executado, possibilita maior eficiência no controle das plantas daninhas.

De modo geral, a semeadura feita logo após a última gradagem, no sistema convencional, resulta em atraso na germinação da semente de espécies daninhas e em estabelecimento mais rápido da planta cultivada. Essa última gradagem pode ser considerada como um método de controle de plantas daninhas se, no momento em que for realizada, existirem espécies daninhas germinando ou emergindo. Quanto maior o número de plantas emergidas, maior será a eficiência do método.

## **Manejo populacional**

O espaçamento entrelinhas de semeadura é muito importante na determinação do balanço de interferência, influenciando na precocidade e na intensidade do sombreamento promovido pela cultura.

Deve-se considerar, entretanto, que o espaçamento é um importante componente do sistema de produção do girassol, particularmente quanto ao trânsito de máquinas e equipamentos. Desse modo, a sua utilização no manejo de plantas daninhas se restringe a determinados limites, impostos pela parte operacional de manejo da cultura.

O espaçamento recomendado para a cultura do girassol é 0,70 m nas entrelinhas mas, também, são realizadas semeaduras a 0,80 m e 0,90 m. Esses dois últimos espaçamentos permitem a entrada de maior quantidade de luz entre as fileiras da cultura, quando comparado com o espaçamento de 0,70 m e, nos dois meses que sucedem à semeadura, pode ocorrer maior infestação de plantas daninhas. A prática de redução de espaçamentos entrelinhas do girassol vem ocorrendo em cultivos na região sudoeste do Estado de Goiás, onde agricultores estão semeando a 0,55 m, porém mantendo sempre o estande recomendado de 42 a 45 mil plantas por hectare. Em menores espaçamentos entrelinhas, há supressão das plantas daninhas, pois a cultura cobre mais rapidamente o solo e menor quantidade de luz atravessa o dossel foliar das plantas de girassol.

Os estudos de densidade também são importantes para incrementar o potencial competitivo de plantas de interesse agrônômico e não ocorrer a competição intra-específica.

Assim, a combinação de espaçamentos reduzidos e densidades adequadas de plantas na linha é condição imprescindível para que a cultura sombreie mais rápido o solo e seja mais agressiva no controle das plantas daninhas.

## **Tratos culturais**

Os tratamentos fitossanitários, as irrigações, as adubações, o fornecimento de boro ao girassol visam favorecer o crescimento e o desenvolvimento da planta cultivada, em detrimento aos da planta daninha.

## **Rotação de culturas**

A rotação de culturas tem como um dos objetivos prevenir o surgimento de populações de certas espécies de plantas daninhas adaptadas à

monocultura, além de permitir interrupção no ciclo de pragas e doenças. Deve-se considerar, na escolha de culturas a serem incluídas no esquema de rotação, espécies com características morfológicas e fisiológicas o mais diferenciadas possível. São desejáveis as espécies cultivadas que possuem produção significativa de fitomassa, de rápido crescimento e cobertura do solo, com sistema radicular profundo.

Dessa maneira, quanto menor o período de tempo em que as plantas daninhas e a cultura conviverem num mesmo lugar, menor será o grau de interferência, tornando-se importante os estudos sobre os chamados períodos de convivência, já mencionados no item 3.

### Controle mecânico

O método mecânico é realizado por implementos denominados de cultivadores que podem ser de tração animal ou mecânica (Fig. 3). Essa prática somente é realizada no sistema de semeadura convencional. O controle das espécies daninhas é feito na entrelinha da cultura, acumulando solo próximo a região do coleto do girassol. Essa quantidade de solo colocada próxima ao caule, além de sucumbir as plantas daninhas presentes na linha, dão suporte ao girassol, evitando maiores problemas com o acamamento.



**Fig. 3.** Cultivador utilizado no controle mecânico de plantas daninhas em cultivos de girassol, no sistema de semeadura convencional.

Esse controle deve ser feito na camada superficial do solo, para que ocorra eliminação das espécies daninhas que emergiram. Deve-se ter o cuidado para não afetar o sistema radicular do girassol, pois suas raízes laterais são rasas e podem ser facilmente danificadas por cultivos muito profundos ou muito próximos das plantas. Pode-se, numa mesma operação, fazer o controle das plantas daninhas e adubar o girassol em cobertura, através dos cultivadores-adubadores.

### **Controle químico**

Dentre as alternativas para o controle eficiente das plantas daninhas em girassol, está o uso de compostos químicos, denominados herbicidas. Suas principais vantagens são a eficácia de controle das plantas daninhas, a economia de recursos humanos e a rapidez na aplicação. Em contrapartida, esse método exige técnica apurada, pessoal capacitado e bem treinado, cuidados com a saúde do aplicador e com o meio ambiente, para a obtenção de bons resultados.

Para se obter sucesso como o controle químico, devem ser considerados alguns fatores, tais como tipo de solo (argiloso ou arenoso), teor de matéria orgânica do solo, qualidade da água de aplicação, condições de clima no momento da aplicação, equipamentos e, principalmente, o aspecto econômico. Além disso, é de suma importância a realização de um levantamento fitossociológico das espécies presentes no campo, no sentido de optar por um herbicida adequado e que controle de maneira eficaz um maior número possível de espécies infestantes.

### **Controle em pré-semeadura do girassol**

No sistema de semeadura direta, é necessário dessecar as plantas daninhas e os restos da cultura anterior. Alguns herbicidas recomendados em dessecação de pré-semeadura são apresentados na Tabela 2.

### **Controle em pré-emergência com herbicidas registrados para a cultura de girassol no Brasil**

O número de herbicidas registrados no Brasil para o girassol é muito limitado. Apenas o trifluralin e o alachlor são recomendados para essa cultura e registrados no Ministério da Agricultura. Esses dois herbicidas são eficazes para um número reduzido de espécies daninhas dicotiledôneas, tendo melhor controle sobre gramíneas. Desse modo, é extremamente di-

**Tabela 2.** Nome técnico, nome comercial e concentração e dose de herbicidas para dessecação das plantas daninhas em pré-semeadura.

Herbicidas e misturas formuladas		Concentração		Doses <sup>1</sup>	
Nome técnico	Nome comercial			kg i.a. ha <sup>-1</sup> /kg e.a. ha <sup>-1</sup>	L p.c. ha <sup>-1</sup>
Paraquat <sup>2</sup>	Gramoxone	200 g i.a. L <sup>-1</sup>		0,3 a 0,6	1,5 a 3,0
2,4-D <sup>3</sup>	Diversos nomes	670 a 720 g e.a. L <sup>-1</sup>		0,5 a 1,1	0,8 a 1,5
Paraquat + Diuron <sup>2</sup>	Gramocil	200 + 100 g i.a. L <sup>-1</sup>		0,4 a 0,6 + 0,2 a 0,3	2,0 a 3,0
Glyphosate	Diversos nomes	360 a 720 g e.a. L <sup>-1</sup>		0,36 a 2,16	1,0 a 6,0
Glyphosate potássico	Zapp QI	500 g e.a. L <sup>-1</sup>		0,35 a 2,00	0,7 a 4,0

<sup>1</sup>Doses: i. a. (ingrediente ativo), e.a. (equivalente ácido) e p. c. (produto comercial).<sup>2</sup>Adicionar 0,1% a 0,2% v/v de adjuvante não iônico (Agral). <sup>3</sup>Estar atento para o problema de deriva, podendo afetar culturas sensíveis próximas a área de aplicação. Dar preferência por formulações amina ao invés de éster. Manter um intervalo de 4-7 dias entre a aplicação deste produto e a semeadura do girassol (Gazziero et al., 2001)

fácil o controle químico de espécies daninhas dicotiledôneas em girassol. Na Tabela 3, são apresentadas informações resumidas de herbicidas atualmente registrados junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e recomendados para utilização na cultura do girassol.

#### a. **Trifluralin**

Esse herbicida controla espécies daninhas na sua maioria gramíneas, embora também seja eficaz no controle de algumas dicotiledôneas. Existem duas modalidades de aplicação, em pré-semeadura incorporado ou em pré-emergência. Em pré-semeadura incorporado, as concentrações são 445 e 600 g i.a. L<sup>-1</sup>. Nessa modalidade de aplicação, o solo deve estar bem preparado, preferencialmente seco ou com baixa umidade, livre de torrões, para facilitar a mistura do produto, evitando as perdas, principalmente por volatilização (Rodrigues & Almeida, 1998). A incorporação é feita por meio de duas passadas de grade niveladora.

Em pré-emergência, o trifluralin é aplicado na formulação 600 g i.a. L<sup>-1</sup>, logo após a semeadura do girassol. Nessas condições, o solo deve estar bem preparado, livre de torrões, restos de cultura e em boas condições de umidade. Aplicado em solo seco, há necessidade de chuvas ou irrigação num prazo de cinco dias, caso contrário é reduzida a eficácia do produto. As doses recomendadas são 0,54 a 1,2 kg i.a. ha<sup>-1</sup> em pré-semeadura incorporado e 1,8 a 2,4 kg i.a. ha<sup>-1</sup>, em pré-emergência (Machado & Marchezan, 1989; Rodrigues & Almeida, 1998).

#### b. **Alachlor**

O alachlor é um herbicida eficaz no controle de espécies daninhas gramíneas e dicotiledôneas e registrado no Brasil para aplicação em pré-emergência da cultura do girassol (Castro et al., 1996). Deve ser pulverizado em solo bem preparado, livre de torrões e restos de cultura e com boas condições de umidade. Aplicado em solo seco e não chovendo num período de três a cinco dias, a eficácia do produto é prejudicada. As doses recomendadas devem estar em torno de 2,40 a 3,36 kg i.a. ha<sup>-1</sup>. Este herbicida é adsorvido pelos colóides do solo (Rodrigues & Almeida, 1998). Assim, recomenda-se aplicar as maiores doses em solos de textura argilosa e com maior teor de matéria orgânica. A seletividade do alachlor depende da posição do herbicida no perfil do solo. Dessa maneira, quantidades excessivas de chuva podem lixiviar esse herbicida até a zona radicular e causar injúrias ao girassol, principalmente se a adsorção for limitada, em função da aplicação em solos de textura arenosa ou com baixos teores de matéria orgânica (Garcia Torres, 1988; Allemann & Reinhardt, 1994).

**Tabela 3.** Nome técnico, nome comercial e concentração e dose dos herbicidas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para a cultura do girassol no Brasil.

Herbicidas Nome téc.	Nome com.	Aplicação	Concentração g i.a. L <sup>-1</sup>	Doses <sup>1</sup>		Observações
				kg i.a.ha <sup>-1</sup>	L p.c. ha <sup>-1</sup>	
Alachlor	Laço	pré-emergência	480	2,4 a 3,36	5,0 a 7,0	Controla gramíneas e algumas dicotiledôneas. Aplicar em solo úmido e bem preparado.
Trifluralin	Premertin	pré-emergência ou pré-semeadura incorporado	600	0,54 a 1,2 (pré-semeadura incorporado)	0,9 a 2,0 (pré-semeadura incorporado)	Controla gramíneas e algumas dicotiledôneas. Incorporar de 5-7 cm de profundidade quando aplicado em pré-semeadura incorporado.
				1,8 a 2,4 (pré-emergência)	3,0 a 4,0 (pré-emergência)	

<sup>1</sup>Doses: i. a. (ingrediente ativo) e p. c. (produto comercial).

## Herbicidas utilizados na cultura do girassol no âmbito mundial

A descrição dos herbicidas mencionados neste item objetivam proporcionar uma visão geral do que se utiliza de produtos para o controle de plantas daninhas em girassol, no âmbito mundial, assim como, contribuir para tomadas de decisão melhor fundamentadas em trabalhos de pesquisa. Entretanto, essas informações não devem ser tomadas como recomendação final ou absoluta, visto que, no Brasil, esses herbicidas não possuem registro junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e cadastro nos estados. Mais pesquisas devem ser realizadas nas diferentes condições de clima e de solo do Brasil que, posteriormente, poderão dar subsídios a futuros registros de herbicidas para a cultura do girassol.

### a. **Acetochlor**

Esse produto apresenta excelentes níveis de controle sobre espécies daninhas gramíneas e dicotiledôneas. É aplicado em condições de pré-emergência, imediatamente após a semeadura do girassol. Deve ser pulverizado em solo bem preparado, livre de torrões e de restos de cultura e com boas condições de umidade. Aplicado em solo seco e não chovendo após cinco dias, a eficácia do produto é prejudicada. As doses utilizadas devem estar em torno de  $1,5 \text{ kg i.a. ha}^{-1}$  (Brighenti et al., 2000a; Díaz-Zorita & Duarte, 2002). Bortoluzi et al. (2001) obtiveram resultados eficazes no controle de plantas daninhas na cultura do girassol, cv. Cargill 11, com a aplicação do acetochlor na dose  $1,68 \text{ kg i.a. ha}^{-1}$ , em experimento conduzido no município de Santa Helena, GO (Fig. 4).



**Fig. 4.** Controle químico de plantas daninhas em girassol com acetochlor, comparado à testemunha sem capina.

**O acetochlor não deve ser aplicado na cultura do girassol no Brasil por não possuir registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.**

**b. Metolachlor**

O metolachlor é um produto recomendado para o controle de espécies gramíneas e dicotiledôneas. É aplicado em condições de pré-emergência, imediatamente após a semeadura do girassol. Deve ser pulverizado em solo bem preparado, livre de torrões e de restos de cultura e com boas condições de umidade. Aplicado em solo seco e não chovendo após cinco dias a eficácia do produto é prejudicada. As doses utilizadas devem estar em torno de 1,5 a 2,0 kg i.a. ha<sup>-1</sup> (Machado & Marchezan, 1989; Suresh & Reddy, 1995; Rossi, 1998; Brighenti et al., 2000a; Díaz-Zorita & Duarte, 2002). A seletividade é toponômica, ou seja, o herbicida fica posicionado no solo em local diferente daquele onde ocorre a germinação da cultura. Assim, em solos arenosos aconselha-se não aplicá-lo, pois o herbicida pode lixiviar e provocar fitotoxicidade à cultura (Monserrat Delgado, 1994).

**O metolachlor não deve ser aplicado na cultura do girassol no Brasil por não possuir registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.**

**c. Sulfentrazone**

Este herbicida é aplicado em condições de pré-emergência, imediatamente após a semeadura do girassol, controlando espécies gramíneas e dicotiledôneas. Deve ser pulverizado em solo bem preparado, livre de torrões e de restos de cultura e com boas condições de umidade. Aplicado em solo seco e não chovendo após cinco dias a eficácia do produto é prejudicada. As doses variam de 0,10 a 0,20 kg i.a. ha<sup>-1</sup> (Brighenti et al., 2000a e 2000c; Díaz-Zorita & Duarte, 2002). Em solos mais argilosos e com maior teor de matéria orgânica, aplica-se a maior dose do herbicida. Possui adaptabilidade à semeadura direta (Rodrigues & Almeida, 1998; Thompson et al., 1999), atravessando a fitomassa seca, após ocorrência de chuvas. Foram obtidos resultados promissores no controle de plantas daninhas com a aplicação de 0,25 kg i.a. ha<sup>-1</sup> de sulfentrazone na cultura do girassol, cultivar Cargill 11, em experimento conduzido em Santa Helena, GO (Bortoluzi et al., 2001) (Fig. 5).

**O sulfentrazone não deve ser aplicado na cultura do girassol no Brasil por não possuir registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.**



**Fig. 5.** Controle químico de plantas daninhas em girassol com sulfentrazone, comparado à testemunha sem capina.

#### d. **Linuron**

Este herbicida é aplicado em condições de pré-emergência, imediatamente após a semeadura do girassol. É eficaz no controle de grande número de espécies daninhas dicotiledôneas e algumas gramíneas. Deve ser pulverizado em solo bem preparado, livre de torrões e de restos de cultura e com boas condições de umidade. Aplicado em solo seco, é necessário chover nos dias que sucedem à pulverização para que o produto seja eficaz. As doses variam de 0,45 a 0,70 kg i.a. ha<sup>-1</sup> (Prado et al., 1993; Rossi, 1998), embora em solos mais pesados e com maior teor de matéria orgânica, a dose de 1,0 kg i.a. ha<sup>-1</sup> não prejudicou o rendimento da cultura (Durigan & Motta, 1989; Brighenti et al., 2000a). Em solos mais argilosos e com maior teor de matéria orgânica, aplica-se a maior dose do herbicida. Sua aplicação não é recomendada em solos arenosos e/ou com menos de 1% de matéria orgânica (Garcia Torres, 1988; Rodrigues & Almeida, 1998), podendo lixiviar e causar danos à cultura.

**O linuron não deve ser aplicado na cultura do girassol no Brasil por não possuir registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.**

#### e. **Dimethenamid**

Este herbicida é aplicado em condições de pré-emergência, imediatamente após a semeadura do girassol. Possui eficácia no controle de espécies daninhas gramíneas e dicotiledôneas. Deve ser pulverizado em solo bem preparado, livre de torrões e de restos de cultura e com boas condições de umidade. Aplicado em solo com pouca umidade, é necessário que ocorram chuvas a fim de que a eficácia do produto não seja prejudicada. As doses

utilizadas encontram-se em torno de 0,9 kg i.a. ha<sup>-1</sup> (Díaz-Zorita & Duarte, 2002).

**O dimethenamid não deve ser aplicado na cultura do girassol no Brasil por não possuir registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.**

f. **Prometryne**

Este herbicida é aplicado em condições de pré-emergência, imediatamente após a semeadura do girassol, para o controle de espécies infestantes gramíneas e dicotiledôneas. Deve ser pulverizado em solo bem preparado, livre de torrões e de restos de cultura e com boas condições de umidade. É necessário que chova, quando o produto for aplicado em solo seco, caso contrário, a eficácia é prejudicada. As doses utilizadas encontram-se em torno de 0,96 a 1,6 kg i.a. ha<sup>-1</sup> (Durigan & Motta, 1989; Prado et al., 1993; Rossi, 1998; Díaz-Zorita & Duarte, 2002). Brighenti et al. (2000a), em experimento conduzido em solo argiloso da região de Londrina, PR, utilizaram a dose de 1,6 kg i.a. ha<sup>-1</sup>, em pré-emergência da cultura, e não verificaram sintomas que afetaram o rendimento do girassol (Tabela 4). Em solos mais argilosos e com maior teor de matéria orgânica, aplica-se a maior dose do herbicida. A seletividade é por posição, ou seja, a semente do girassol germina abaixo da camada onde se concentra o prometryne. Logo, em solos arenosos, aconselha-se não aplicá-lo, pois o herbicida pode lixiviar e provocar fitotoxicidade à cultura (Garcia Torres, 1988; Monserrat Delgado, 1994). Chuvas fortes também podem carrear o produto para o local onde estão germinando as sementes, podendo causar fitointoxicação.

**O prometryne não deve ser aplicado na cultura do girassol no Brasil por não possuir registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.**

g. **Pendimethalin**

O pendimethalin, nas doses 0,75 a 1,25 kg i.a. ha<sup>-1</sup> é aplicado em pré-semeadura incorporado ou em pré-emergência da cultura do girassol, controlando muitas espécies daninhas gramíneas e algumas dicotiledôneas (Durigan & Motta, 1989; Girijesh & Patil, 1992; Suresh & Reddy, 1995). Deve ser aplicado em solo com boas condições de umidade e livre de torrões e restos de cultura. A maior dose é empregada, preferencialmente, em solos mais argilosos e com maior teor de matéria orgânica. Em solos arenosos, o pendimethalin pode causar injúrias ao girassol (Garcia Torres, 1988). Chuvas fortes também podem carrear esse herbicida para a

**Tabela 4.** Percentagem de fitotoxicidade aos 20 e aos 30 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA), diâmetro do caule (mm) e do capítulo (cm), rendimento de óleo ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) (Rendol) e produtividade da cultura de girassol ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), em função dos tratamentos. Embrapa Soja, Londrina, PR, 2000.

Tratamentos	Doses (g i.a. $\text{ha}^{-1}$ )	Fitotoxicidade		Diâmetro		Rendol	Produtividade
		20 DAA	30 DAA	Caule	Capítulo		
Linuron	1000	2,00 B	1,00 B	21,20 A	18,58 A	1043,69 A	2407 A
Aclonifen	1800	2,00 B	1,00 B	18,38 A	17,76 A	940,65 A	2143 A
Oxadiargil	800	2,00 B	1,60 B	20,46 A	17,92 A	995,88 A	2311 A
Diflufenican	150	2,00 B	1,00 B	19,74 A	18,12 A	1096,48 A	2487 A
Trifluralin	1800	1,00 B	0,00 B	18,65 A	18,08 A	944,54 A	2138 A
Metolachlor	1920	1,00 B	0,00 B	18,68 A	17,74 A	1074,69 A	2455 A
Sulfentrazone	300	1,00 B	0,40 B	20,92 A	18,42 A	1042,60 A	2383 A
Prometryne	1600	1,00 B	0,00 B	20,38 A	18,02 A	1056,10 A	2446 A
Alachlor	3360	1,00 B	0,00 B	19,06 A	18,40 A	965,73 A	2187 A
Testemunha	-	0,00 B	0,00 B	19,88 A	18,10 A	1031,52 A	2390 A
C.V. (%)	-	72,46	93,09	4,06	4,33	8,04	7,81

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey. (Adaptado: Brighenti et al., 2000a).

região de germinação da semente, causando fitointoxicação e redução do estande da cultura.

**O pendimethalin não deve ser aplicado na cultura do girassol no Brasil por não possuir registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.**

#### h. Fluorochloridone

O herbicida fluorochloridone é eficaz sobre plantas daninhas dicotiledôneas, na sua grande maioria, e também algumas gramíneas. As doses aplicadas são 0,18 a 0,25 kg i.a. ha<sup>-1</sup> (Garcia Torres, 1988). Deve ser pulverizado em solo bem preparado, livre de torrões e de restos de cultura e com boas condições de umidade. As doses maiores são aplicadas em solos argilosos. Podem ocorrer sintomas de fitotoxicidade ao girassol quando aplicado em solos arenosos. Ocorre melhoria nos resultados de controle quando se utilizam misturas formuladas deste produto com outros herbicidas que possuem melhor efeito gramínicida, como o acetochlor, o alachlor, o dimethenamid e o metolachlor. A mistura formulada de fluorochloridone mais acetochlor revelou excelentes níveis de controle de, praticamente, todo o espectro de plantas daninhas presente em experimento conduzido no município de Santa Helena, GO (Fig. 6) (Bortoluzi et al., 2001).



**Fig. 6.** Controle químico de plantas daninhas em girassol com a mistura formulada de acetochlor mais fluorochloridone, comparado à testemunha sem capina.

**O fluorochloridone não deve ser aplicado na cultura do girassol no Brasil por não possuir registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.**

### i. Aclonifen

O aclonifen é um herbicida utilizado, principalmente, no controle de espécies daninhas dicotiledôneas na cultura do girassol como *Amaranthus*, *Brassica*, *Chenopodium*, *Raphanus*, *Sinapis* e *Stellaria* (Aclonifen Technical Reference Dossier, 1999). Apesar de possuir uma estrutura semelhante aos herbicidas do grupo químico difenil-eter, o aclonifen não atua na enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX) e nem na biosíntese de clorofila. O mecanismo de ação deste herbicida está na inibição da enzima fitoenedesaturase, pertencente à rota da biosíntese de carotenóides. Quando utilizado em condições de pré-emergência, imediatamente após a semeadura do girassol, as doses utilizadas são 2,4 a 2,7 kg i.a. ha<sup>-1</sup>. Existem também as misturas formuladas do aclonifen com outros herbicidas, visando aumentar o espectro de espécies daninhas controladas. Pode ser utilizado também em pós-emergência da cultura do girassol (Mircovich & Regnault, 1995). Na dose 0,9 kg i.a. ha<sup>-1</sup>, aparecem sintomas de fitotoxicidade duas semanas após a pulverização, contudo, os sintomas desaparecem rapidamente (Brighenti et al., 1999).

**O aclonifen não deve ser aplicado na cultura do girassol no Brasil por não possuir registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.**

### j. Diflufenican

É um herbicida utilizado no controle de espécies daninhas, principalmente as dicotiledôneas, inibindo a biosíntese de carotenóides e provocando intensa descoloração da brotação nova das plantas daninhas (folhas esbranquiçadas). Sua aplicação é realizada em condições de pré-emergência da cultura e a seletividade se dá por posição, ou seja a semente da cultura fica situada numa camada de solo abaixo daquela onde o produto está concentrado. As doses aplicadas encontram-se em torno de 0,1 a 0,15 kg i.a. ha<sup>-1</sup>, em mistura com herbicidas gramínicos (Diflufenican Technical Bulletin, 1997). Geralmente, é aplicado em combinação com outros princípios ativos como o acetochlor (Bedmar, 1995), metolachlor ou dimethenamid (Díaz-Zorita & Duarte, 2002). Resultados satisfatórios foram obtidos com a aplicação de diflufenican no controle de algumas espécies dicotiledôneas em experimento de girassol na região dos Cerrados (Bortoluzi et al., 2001) (Fig. 7).

**O diflufenican não deve ser aplicado na cultura do girassol no Brasil por não possuir registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.**



**Fig. 7.** Controle químico de plantas daninhas em girassol com diflufenican, comparado à testemunha sem capina.

### 1. Oxadiargyl

O oxadiargyl é utilizado em pré-emergência nas doses que variam de 50 a 150 g i.a. ha<sup>-1</sup>, sendo eficaz no controle de espécies daninhas anuais monocotiledôneas e dicotiledôneas. Experimentos conduzidos na Europa e em Israel revelaram que a dose mais apropriada para a cultura do girassol está em torno de 300-400 g i.a. ha<sup>-1</sup> (Tracchi et al., 1997). Seu mecanismo de ação está relacionado com a inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), que atua na oxidação de protoporfirinogênio a protoporfirina IX (precursores da clorofila) (Oliveira Jr. & Constantin, 2001). Em experimentos conduzidos no município de Santa Helena, GO, o girassol tolerou até 800 g i.a. ha<sup>-1</sup> (Bortoluzi et al., 2001), dose normalmente tolerada por tomate, repolho e pimenta (Tracchi et al., 1997) (Fig. 8).

**O oxadiargyl não deve ser aplicado na cultura do girassol no Brasil por não possuir registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.**

### m. Fluazifop-p-butil

O fluazifop-p-butil é um herbicida sistêmico e seletivo para a cultura do girassol (Suresh & Reddy, 1995). É aplicado em pós-emergência das espécies daninhas gramíneas, de preferência quando se encontram nos estádios iniciais de crescimento. É recomendável sua aplicação quando as plantas daninhas estiverem em bom vigor vegetativo, evitando utilizá-lo em períodos de estiagem. Requer intervalo de uma hora sem chuva, após a aplicação, para assegurar a sua absorção pelas plantas daninhas (Rodrigues & Almeida, 1998). Brighenti et al. (2003b) conduziram experimentos no município de Chapadão do Céu, GO, no sentido de avaliar a seletividade de



**Fig. 8.** Controle químico de plantas daninhas em girassol com oxadiargil, comparado à testemunha sem capina.

graminícidas para cultura do girassol, bem como o controle do milho voluntário. As doses normais utilizadas para outras culturas como 0,187 kg i.a. ha<sup>-1</sup> de fluzifop-p-butil foi tolerada pela cultura do girassol, com controle total do milho voluntário (Tabela 5). Na Argentina, é utilizado em doses que variam de 0,075 a 0,100 kg i.a. ha<sup>-1</sup> (Díaz-Zorita & Duarte, 2002).

**O Fluazifop-p-butil não deve ser aplicado na cultura do girassol no Brasil por não possuir registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.**

#### n. Clethodim

O clethodim deve ser aplicado em pós-emergência para o controle de plantas daninhas gramíneas. As espécies infestantes, na sua maioria, devem estar no estágio variando de dois a quatro perfilhos. Como é um herbicida sistêmico, evitar aplicar em períodos de estiagem, pois a absorção e a translocação do produto é dificultada, quando as plantas daninhas estão sofrendo estresse hídrico. Requer um período de uma hora sem chuva, após a aplicação, para assegurar a sua absorção pelas plantas daninhas (Rodrigues & Almeida, 1998). Adiciona-se à calda de pulverização o óleo mineral, na proporção de 0,5% v/v. A dose de 0,096 kg i.a. ha<sup>-1</sup> é utilizada na Argentina para o girassol (Díaz-Zorita & Duarte, 2002). Essa mesma dosagem foi tolerada pelo girassol, Morgan 734, controlando de forma eficaz o milho voluntário, em experimentos conduzidos na região dos Cerrados do Brasil (Brighenti et al., 2003b) (Tabela 5). Dower Neto et al. (2000) também utilizaram 0,096 kg i.a. ha<sup>-1</sup> de clethodim na cultura do girassol e obtiveram controle eficaz do capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*).

**Tabela 5.** Percentagem de fitotoxicidade e controle de plantas voluntárias de milho, aos 17 e 32 dias após a aplicação, altura de plantas (cm), diâmetro de caule (mm), peso de mil aquênios (g) e produtividade (kg ha<sup>-1</sup>), em função dos tratamentos. Embrapa Soja, 2003.

Tratamentos	Dose (kg i.a ha <sup>-1</sup> )	Fitotoxicidade		Controle		Altura	Diâmetro de caule	Peso de mil Aquênios	Produ- tividade
		17	32	17	32				
1- Haloxifop-methyl <sup>2</sup>	0,096	0,0 B <sup>1</sup>	0,0 B	100	100	195,1 A	24,5 A	54,0 A	2.131,1 A
2- Haloxifop-methyl <sup>2</sup>	0,048	0,0 B	0,0 B	100	100	194,4 A	24,4 A	53,2 A	1.919,8 A
3- Clethodim <sup>2</sup>	0,192	0,0 B	0,0 B	100	100	198,6 A	24,6 A	54,6 A	2.173,3 A
4- Clethodim <sup>2</sup>	0,096	0,0 B	0,0 B	100	100	192,3 A	23,5 A	52,1 A	2.014,0 A
5- Sethoxydim <sup>2</sup>	0,441	0,0 B	0,0 B	100	100	198,0 A	25,9 A	55,5 A	2.219,1 A
6- Sethoxydim <sup>2</sup>	0,220	0,0 B	0,0 B	100	100	201,4 A	25,2 A	54,8 A	2.138,7 A
7- Fluazifop-p-butyl	0,375	4,6 A	3,2 A	100	100	195,0 A	24,8 A	54,3 A	2.074,3 A
8- Fluazifop-p-butyl	0,187	0,0 B	0,0 B	100	100	196,8 A	24,1 A	53,8 A	2.119,9 A
9- Testemunha capinada	-	0,0 B	0,0 B	100	100	197,9 A	24,7 A	54,4 A	2.016,7 A
CV (%)	-	58,3	193,9	-	-	3,4	5,2	4,0	7,4

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. <sup>2</sup> Adição de óleo mineral 0,5% v/v.

**O clethodim não deve ser aplicado na cultura do girassol no Brasil por não possuir registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.**

**o. Fenoxaprop-p-ethyl**

Este herbicida também apresenta seletividade para o girassol (Bedmar, 1992). É utilizado essencialmente para o controle de espécies daninhas gramíneas. Sua aplicação é realizada em pós-emergência, quando as plantas daninhas encontram-se no estágio de dois a quatro perfilhos. O produto é sistêmico e, por isso deve-se evitar aplicar em períodos de estiagem, pois sua absorção e translocação é dificultada. Requer um período de uma hora sem chuva, após a aplicação, para assegurar a sua absorção pelas plantas daninhas (Rodrigues & Almeida, 1998). As doses aplicadas variam de 77 a 99 g i.a. ha<sup>-1</sup> (Díaz-Zorita & Duarte, 2002). Recomenda-se adicionar à calda de pulverização o óleo mineral, na proporção de 0,5% v/v.

**O fenoxaprop-p-ethyl não deve ser aplicado na cultura do girassol no Brasil por não possuir registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.**

**p. Haloxyfop-methyl**

O haloxyfop-methyl é um herbicida graminicida sistêmico, aplicado em pós-emergência das espécies daninhas, preferivelmente no início do desenvolvimento das plantas. Utilizam-se as doses menores na fase de plântulas e as maiores com as gramíneas no estágio de dois a quatro perfilhos (Rodrigues & Almeida, 1998). Evitar aplicar em períodos de estiagem, pois a absorção do produto é dificultada, quando as plantas daninhas estão sofrendo estresse hídrico. Requer um período de uma hora sem chuva, após a aplicação para assegurar a sua absorção pelas plantas daninhas. É recomendável a adição de óleo mineral à calda de pulverização, na proporção de 0,5% v/v. O haloxyfop-methyl, aplicado na dose recomendada para outras culturas de 0,048 kg i.a. ha<sup>-1</sup>, foi tolerado pelo girassol e eficaz no controle de milho voluntário (Tabela 5) (Brighenti et al., 2003b). Também as subdosagens de haloxyfop-methyl (0,024 e 0,012 kg i.a. ha<sup>-1</sup>), que correspondem a 1/2 e a 1/4, respectivamente, da dose normalmente recomendada para outros cultivos, foram eficazes no controle do milho voluntário com, no máximo, cinco folhas (Tabela 6) (Brighenti et al., 2003c).

**O haloxyfop methyl não deve ser aplicado na cultura do girassol no Brasil por não possuir registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.**

**Tabela 6.** Percentagem de controle de plantas voluntárias de milho aos 7, 11, 15 e 27 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas. Embrapa Soja, 2003

Tratamentos	Dose (kg i.a ha <sup>-1</sup> )	Controle			
		7	11	15	27
1 Haloxyfop-methyl <sup>2</sup>	0,024	89 B <sup>1</sup>	93 AB	97 A	99 A
2 Haloxyfop-methyl <sup>2</sup>	0,012	78 DE	81 CD	86 BC	93 A
3 Clethodim <sup>2</sup>	0,048	95 A	98 A	100 A	100 A
4 Clethodim <sup>2</sup>	0,024	87 BC	89 ABC	94 AB	82 A
5 Sethoxydim <sup>2</sup>	0,110	82 CD	83 BCD	87 BC	87 A
6 Sethoxydim <sup>2</sup>	0,055	75 E	77 D	79 C	81 A
7 Fluazifop-p-butyl	0,087	88 B	89 ABC	94 AB	99 A
8 Fluazifop-p-butyl	0,043	76 E	76 D	81 C	81 A
9 Testemunha capinada	–	100 A	100 A	100 A	100 A
10 Testemunha sem capina	–	0 F	0 E	0 D	0 B
CV (%)	–	3,6	6,7	5,1	16,1

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. <sup>(2)</sup> Adição de óleo mineral 0,5% v/v.

#### q. Propaquizafop

É aplicado em pós-emergência das espécies daninhas gramíneas, na fase inicial de desenvolvimento. Aplicar este herbicida quando o solo estiver com boas condições de umidade e as espécies daninhas em bom estado vegetativo, pois sendo um herbicida sistêmico, essas condições favorecem a sua absorção pelas folhas das espécies daninhas, bem como a sua translocação. Requer um período de uma hora sem chuva, após a aplicação, para assegurar a sua absorção pelas plantas daninhas (Rodrigues & Almeida, 1998). Na Argentina, as doses utilizadas estão em torno de 30 a 50 g i.a. ha<sup>-1</sup> (Díaz-Zorita & Duarte, 2002). Adiciona-se óleo mineral à calda de pulverização, na proporção de 0,5% v/v.

**O propaquizafop não deve ser aplicado na cultura do girassol no Brasil por não possuir registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.**

#### r. Quizalofop-p-ethyl

Este produto é um herbicida pós-emergente, sistêmico, recomendado para o controle de gramíneas anuais e perenes e que apresenta seletividade para o girassol (Bedmar, 1997). A dose de 27 g i.a. ha<sup>-1</sup> é utilizada na

Argentina (Díaz-Zorita & Duarte, 2002). A ocorrência de chuvas, a menos de uma hora da aplicação do herbicida, pode afetar os resultados, com diminuição da porcentagem de controle. Aplicar adjuvante 0,5% v/v da calda de pulverização. Doses em torno de 75 g i.a. ha<sup>-1</sup> podem causar danos ao girassol, ocasionando o surgimento de clorose nas folhas e deformações quando da emissão da inflorescência (Fig. 9).



**Fig. 9.** Sintoma de fitotoxicidade do herbicida quizalofop-p-ethyl, aplicado na dose de 75 g i.a. ha<sup>-1</sup>.

**O quizalofop-p-ethyl não deve ser aplicado na cultura do girassol no Brasil por não possuir registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.**

s. **Quizalofop-p-tefuryl**

O quizalofop-p-tefuryl é um herbicida essencialmente gramínicida, sistêmico e utilizado em lavouras de girassol, na Argentina, nas doses de 60 a 90 g i.a. ha<sup>-1</sup>. Embora utilizado naquele país, em experimentos conduzidos no município de Chapadão do Céu, GO, foram observadas deformações no capítulo (Fig. 10).

**O quizalofop-p-tefuryl não deve ser aplicado na cultura do girassol no Brasil por não possuir registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.**

t. **Sethoxydim**



**Fig. 10.** Sintomas de fitotoxicidade do herbicida quizalofop-p-tefuryl, aplicado na dose de 60 g i.a. ha<sup>-1</sup> na cultura do girassol .

É um herbicida sistêmico com aplicação em pós-emergência e utilizado para o manejo de espécies infestantes gramíneas. Sua eficácia no controle dessas espécies é melhor no início do desenvolvimento das plantas. Não se recomenda aplicar o sethoxydim em plantas sofrendo por estresse hídrico. Além disso, recomenda-se adicionar óleo mineral à calda de pulverização na proporção de 0,5% v/v. A dose recomendada para outras culturas é de 0,22 kg i.a. ha<sup>-1</sup>. Essa dose foi tolerada pelo girassol, Morgan 734, controlando de forma eficaz o milho voluntário em experimento realizado em Chapadão do Céu, GO (Brighenti et al., 2003b) (Tabela 5). Na Argentina, é aplicado em doses maiores, que variam de 0,276 a 0,368 g i.a. ha<sup>-1</sup> (Díaz-Zorita & Duarte, 2002).

**O sethoxydim não deve ser aplicado na cultura do girassol no Brasil por não possuir registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.**

### **Modalidades de aplicação de herbicidas associados à adubação com boro**

O girassol é sensível a baixos teores de boro (B) nos solos, desenvolvendo sintomas característicos de deficiência nas folhas, caules e partes reprodutivas (Blamey et al., 1979; Asad, 2002). Como esse micronutriente é pouco móvel na maioria das plantas, os sintomas de deficiência se manifestam, primeiramente, nas folhas jovens, que adquirem má formação, coloração bronzeada, endurecimento, capítulos deformados e, conseqüentemente, há redução do rendimento de aquênios. Em casos extremos, pode ocorrer a queda do capítulo. O estágio reprodutivo do girassol é mais sen-

sível do que o vegetativo, em condições de baixo suprimento de B no solo (Asad et al., 2002).

Os teores de boro nos solos brasileiros são, geralmente, baixos e a falta desse micronutriente tem levado ao aparecimento de sintomas de deficiência, principalmente nas fases de florescimento e maturação (Castro et al., 1996). Entretanto, é freqüente a redução da produtividade das lavouras por deficiência de boro, sem que sejam observados sintomas típicos nas folhas e nos capítulos. Além disso, mesmo tendo valores considerados adequados de B no solo, os sintomas de deficiência podem surgir, em períodos de seca (Castro, 1999).

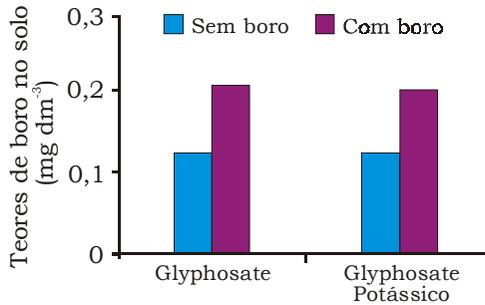
A aplicação de B via solo, utilizando adubos com mistura de grânulos contendo o micronutriente apresenta a desvantagem de ocorrer segregação entre a fonte de B e os demais componentes do fertilizante, durante a mistura e o manuseio. A segregação interfere na uniformidade de aplicação de boro no solo devido, principalmente, às baixas quantidades desse micronutriente que são aplicadas (Mortvedt & Woodruff, 1993). A adubação foliar também é utilizada (Diggs et al., 1992; Asad et al., 2003), entretanto, essa prática aumenta os custos de produção, pode ocorrer compactação do solo e quebra de plantas, além da possibilidade de necrosar as folhas do girassol quando se utilizam doses acima da recomendada.

Uma alternativa de suprir a planta de girassol com boro é aplicá-lo juntamente com os herbicidas dessecantes (Brighenti et al., 2004c). Produtos como o glyphosate e o glyphosate potássico foram aplicados isolados e associados com 2 kg ha<sup>-1</sup> de boro na fonte ácido bórico (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>). A aplicação do boro juntamente com os herbicidas dessecantes controlou as plantas daninhas (Fig. 11), elevou o teor desse micronutriente no solo, nas profundidades de 0-10 cm (Fig. 12), e ainda proporcionou aumento dos teores de B nas folhas do girassol (Fig. 13). Entretanto, adubações corretivas com esse micronutriente somente se justificam quando o teor de boro no solo encontra-se abaixo de 0,3 mg dm<sup>-3</sup>.

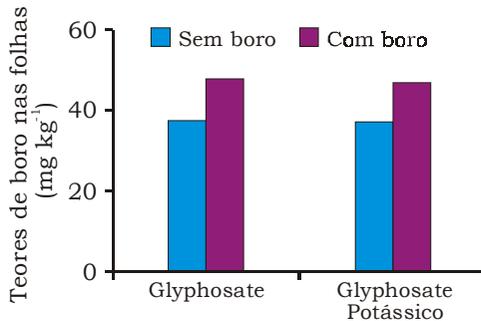
A solubilidade do ácido bórico é baixa, quando comparada a outras fontes de boro e alguns agricultores têm dificuldades para dissolvê-lo na calda de pulverização. À temperatura de 30°C é possível dissolver 63,5 g L<sup>-1</sup> de água (Weast & Astle, 1982), ou seja, 6,3 kg de ácido bórico para 100 litros de água. Para avaliar a solubilidade do ácido bórico, em função de diferentes temperaturas da água, foi realizado um teste na Embrapa Soja, sendo verificado que a 25°C é possível dissolver 54,0 g de ácido bórico por litro de água, ou seja, 5,4 kg de ácido bórico para 100 litros de



**Fig. 11.** Dessecação em pré-semeadura do girassol, em função da associação dos herbicidas glyphosate e glyphosate potássico com boro, na fonte ácido bórico. Londrina, PR.

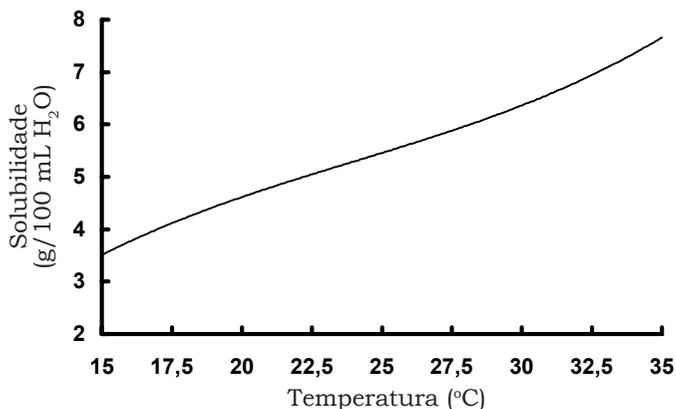


**Fig. 12.** Teores de boro no solo, em função da aplicação isolada e combinada dos herbicidas e boro, na fonte ácido bórico. Embrapa Soja, Londrina, PR.



**Fig. 13.** Teores de boro nas folhas, em função da aplicação isolada e combinada de herbicidas e boro, na fonte ácido bórico. Embrapa Soja, Londrina, PR.

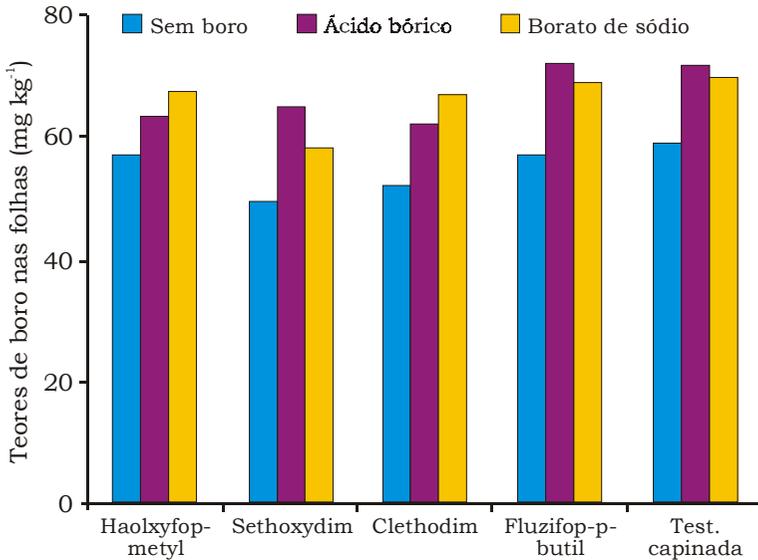
água (Fig. 14). Entretanto, há casos em que a água coletada para aplicação pode estar a temperaturas abaixo de 25°C e, assim, uma quantidade em torno de 4,0 kg de ácido bórico para 100 litros de água teria maior chance de dissolução, sem provocar entupimentos dos bicos do pulverizador.



**Fig. 14.** Solubilidade do ácido bórico em água, em função da variação da temperatura. Embrapa Soja, Londrina, PR.

Outra modalidade para o fornecimento de boro é aplicá-lo juntamente com herbicidas utilizados em pré-emergência como o acetochlor, o sulfentazone, o trifluralin (Castro et al., 2002). Esses produtos associados a 2 kg ha<sup>-1</sup> de B nas fontes bórax (Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>.10H<sub>2</sub>O) e ácido bórico (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) foram eficazes no controle das plantas daninhas, proporcionando aumento dos teores desse micronutriente no solo.

Existe ainda uma outra modalidade de aplicação de boro juntamente com herbicidas graminicidas pós-emergentes (Brighenti et al., 2004b). Vários produtos como haloxyfop-methyl (0,048 kg i.a. ha<sup>-1</sup>), o sethoxydim (0,22 kg i.a. ha<sup>-1</sup>), o clethodim (0,12 kg i.a. ha<sup>-1</sup>), o fluazifop-p-butil (0,187 kg i.a. ha<sup>-1</sup>) foram aplicados isolados e associados a 400 g ha<sup>-1</sup> de B em duas fontes (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> – ácido bórico e Na<sub>2</sub>B<sub>8</sub>O<sub>13</sub>.4H<sub>2</sub>O - borato de sódio). Todos os tratamentos foram seletivos para a cultura do girassol e eficazes no controle de plantas voluntárias de milho, com aumento considerável nos teores de boro nas folhas do girassol, em função da aplicação desse micronutriente, em associação com os herbicidas (Fig. 15).



**Fig. 15.** Teores de boro nas folhas, em função da aplicação isolada e combinada de herbicidas graminicidas e fontes de boro. Embrapa Soja, Londrina, PR.

## Efeitos de resíduos de herbicidas aplicados em outras culturas sobre o girassol em sucessão

Em função da grande área cultivada no Brasil, da escassez e do alto custo de mão-de-obra no meio rural, o uso de herbicidas vem aumentando de maneira acentuada. Dependendo das condições edafoclimáticas e das características químicas dos herbicidas, esses poderão permanecer ativos no solo por longo período, podendo afetar o desenvolvimento de culturas subseqüentes (Anderson, 1983). A presença desses resíduos, além do período útil, ou seja, o período de competição entre as culturas e as plantas daninhas, é indesejável porque não somente provoca injúrias às culturas em rotação/sucessão mas, também, pode atingir níveis que afetariam o desenvolvimento de microrganismos do solo e a contaminação do lençol freático (Victória Filho, 1982; Bushway et al., 1992).

### a. Atrazine

O girassol sofre injúrias consideráveis, chegando, até mesmo, à perda total de estande da cultura, quando submetido à aplicações diretas de doses normais deste princípio ativo. Há indicações de não cultivar girassol

em sucessão ao milho onde foi aplicado este produto (Castro et al., 1996; Rossi, 1998).

Embora seja conhecida a persistência do atrazine, não tem sido verificada fitotoxicidade nas culturas de soja, feijão, algodão e outras suscetíveis que, na rotação anual, se seguem àquela onde foi utilizado este herbicida (Rodrigues & Almeida, 1998). Brighenti et al. (2002b) verificaram que o rendimento do girassol sofreu reduções significativas, em função dos resíduos de atrazine na semeadura realizada aos 60 dias após a aplicação das doses 3,0 (dose recomendada) e 6,0 kg i.a. ha<sup>-1</sup> (dose dobrada). Quando a semeadura foi realizada aos 90, 116, 120 e 128 dias após a aplicação das doses de atrazine na cultura do milho, nenhuma das características avaliadas na cultura do girassol foi afetada significativamente pelos resíduos do herbicida (Tabela 7).

#### **b. Imazaquin e Imazethapyr**

A persistência de herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, ao qual pertencem o imazaquin e o imazethapyr, é influenciada por propriedades do solo como o pH (Loux & Reese, 1992), a umidade (Baughman & Shaw, 1996), o teor de matéria orgânica (Stougaard et al., 1990) e a textura (Loux & Reese, 1993) e o resíduo pode prejudicar cultivos em sucessão.

No caso do milho, encontram-se recomendações de que há necessidade de um intervalo de 300 dias entre a aplicação do imazaquin e a semeadura dessa cultura (Rodrigues & Almeida, 1998). Quanto ao imazethapyr, recomenda-se não cultivar o milho em sucessão à soja onde foi aplicado esse herbicida. Embora existam essas recomendações de intervalos de segurança, principalmente para o imazaquin e o imazethapyr, elas se baseiam em estudos, na sua grande maioria, realizados nos Estados Unidos e na Europa, onde as condições edafoclimáticas são diferentes das do Brasil, o que modifica em muito o comportamento dessas moléculas no solo e, conseqüentemente, a resposta das culturas semeadas em sucessão.

Novo et al. (1997) verificaram que, a partir de 104 dias após a aplicação do imazaquin, nas doses 150 e 300 g i.a. ha<sup>-1</sup>, não foi verificada atividade residual do produto em latossolo roxo da região de Ribeirão Preto, SP.

Ulbrich et al. (1998), avaliando o efeito residual dos herbicidas imazaquin e imazethapyr aplicados na soja, sobre o milho safrinha, em solo argiloso da região de Londrina, PR, determinaram intervalos de 112 e 87 dias para imazaquin e imazethapyr, respectivamente, para que não mais houvesse diminuição da produtividade do milho semeado após a aplicação das doses normais desses produtos. Gazziero et al. (1997) também verificaram

**Tabela 7.** Teor de óleo (%) e rendimento da cultura de girassol (kg ha<sup>-1</sup>), em função da aplicação das doses do herbicida atrazine, aplicado na cultura do milho, em três épocas de semeadura do girassol em Montividiu, GO (Experimento 1) e Londrina, PR, (Experimento 2).

Data da Semeadura	Dias após aplicação do herbicida	Dose (kg i.a.ha <sup>-1</sup> )	Teor de óleo	Rendimento
.....Experimento 1 .....				
14/02/00	90	0	45,17 A <sup>1</sup>	1857,19 A
		1,5	44,70 A	1866,63 A
		2,5	44,76 A	1799,05 A
11/03/00	116	0	41,87 A	980,34 A
		1,5	43,24 A	809,07 A
		2,5	42,68 A	854,16 A
23/03/00	128	0	45,30 A	299,04 A
		1,5	45,52 A	369,43 A
		2,5	45,61 A	344,59 A
CV (%)	-	-	1,38	18,66
.....Experimento 2 .....				
18/12/00	60	0	40,32 A	2708,39 A
		3	39,41 A	2316,04 B
		6	39,55 A	2162,76 B
15/01/01	90	0	41,21 A	2006,03 A
		3	40,74 A	2085,81 A
		6	39,67 A	1990,79 A
18/02/01	120	0	40,61 A	1109,30 A
		3	42,56 A	1159,61 A
		6	41,40 A	1153,10 A
CV (%)	-	-	5,09	11,07

<sup>1</sup> Em cada coluna e para cada data de semeadura, as médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Brighenti et al., 2002b.

que a fitotoxicidade do imazaquin e do imazethapyr não foi considerada prejudicial às plantas de milho, quando a semeadura ocorreu 90 dias após suas aplicações, respectivamente, em pré e pós-emergência.

Brighenti et al. (2002a) avaliaram o efeito residual dos herbicidas imazaquin e imazethapyr, aplicados na cultura da soja, sobre o girassol em sucessão, em Montividiu, GO. Verificaram que o girassol semeado aos 90 e aos 75 dias após a aplicação do imazaquin (150 g i.a. ha<sup>-1</sup>) e do imazethapyr (70 g i.a. ha<sup>-1</sup>) na cultura da soja, respectivamente, não apresentou sintomas de fitotoxicidade (Tabela 8).

**Tabela 8.** Teor de óleo (%), rendimento de óleo (kg ha<sup>-1</sup>) e produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) da cultura do girassol, em função da aplicação dos herbicidas imazaquin e imazethapyr, em duas épocas de semeadura do girassol. Montividiu, GO, 1999/2000<sup>1</sup>.

Data da semeadura	Dias após aplicação do herbicida	Herbicida e dose	Teor de óleo	Rendimento de óleo	Produtividade
14/jan	60	Testemunha	44,5 A <sup>1</sup>	962,1 A	2159,5 A
	60	Imazaquin 150 g ha <sup>-1</sup>	42,7 B	526,2 C	1232,5 C
	45	Imazethapyr 70 g ha <sup>-1</sup>	43,8 AB	763,7 B	1740,9 B
14/fev	90	Testemunha	42,1 A	909,4 A	2157,2 A
	90	Imazaquin 150 g ha <sup>-1</sup>	41,6 A	949,1 A	2279,1 A
	75	Imazethapyr 70 g ha <sup>-1</sup>	42,5 A	979,0 A	2298,6 A
CV (%)			1,6	11,2	11,0

<sup>1</sup> Em cada coluna e para cada data de semeadura, as médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Em outro experimento conduzido em Londrina, PR, o girassol foi semeado a intervalos de 117, 124, 131, 138 e 145 dias após a aplicação, na cultura da soja, das doses recomendada (150 g i.a. ha<sup>-1</sup>) e o dobro da dose do herbicida imazaquin. Em nenhuma das épocas foi verificada injúria à cultura capaz de reduzir a produtividade (Brighenti et al., 2000b) (Tabela 9).

### c. 2,4-D

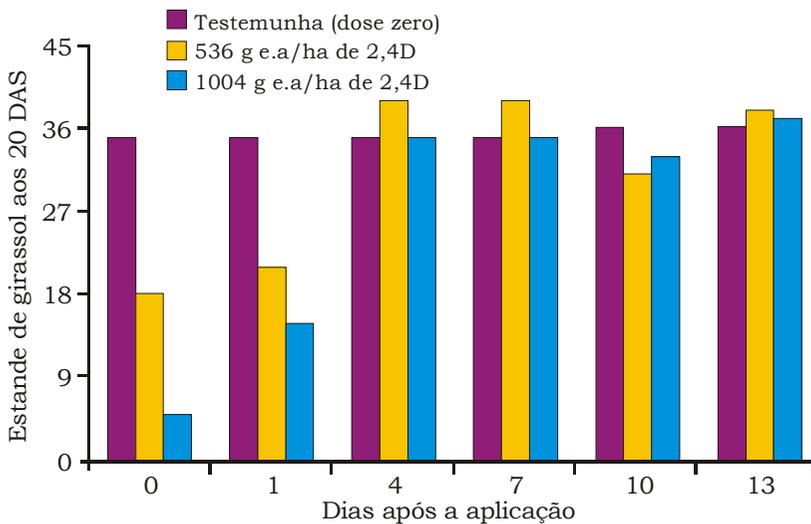
O girassol é bastante sensível ao herbicida 2,4-D. É comum observar danos irreversíveis em plantas de girassol, em função da deriva desse princípio ativo. Quando o 2,4-D é aplicado em dessecação pré-semeadura da

**Tabela 9.** Produtividade do girassol (kg ha<sup>-1</sup>), em função das doses de imazaquin em cinco épocas de semeadura. Embrapa Soja, Londrina, 1998/99.

Doses de Imazaquin (g i.a. ha <sup>-1</sup> )	Produtividade				
	117 DAA	124 DAA	131 DAA	138 DAA	145 DAA
0,0	3263,85 A <sup>1</sup>	3348,36 A	2678,90 A	2788,12 A	2247,22 A
150	3262,99 A	3291,06 A	2833,02 A	2973,77 A	2212,96 A
300	3218,46 A	3307,12 A	2336,54 A	3027,32 A	2477,35 A

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, a 1% de probabilidade.

cultura do girassol, é necessário manter um intervalo de segurança de quatro a sete dias entre a sua aplicação e a semeadura da cultura, de modo a não ocorrerem injúrias à cultura e redução do estande de plantas (Gazziero et al., 2001) (Fig. 16).



**Fig. 16.** Estande da cultura de girassol aos 20 dias após a semeadura, em função das doses do herbicida 2,4-D

**c. Chlorimuron-ethyl**

Este herbicida causa danos severos ao girassol se aplicado diretamente sobre a cultura ou se ocorrer deriva, em aplicações realizadas próximas às

áreas de cultivo. Também existem agricultores que costumam associar herbicidas dessecantes mais chlorimuron, no intuito de controlar espécies como a trapoeraba (*Commelina benghalensis*). Porém, o resíduo desse produto causa fitointoxicação ao girassol semeado logo após a dessecação. Entretanto, quando o chlorimuron é aplicado na soja, mantendo um intervalo de 100 a 130 dias da aplicação, não mais se observam sintomas de injúria de chlorimuron ao girassol semeado em sucessão (Fleck & Vidal, 1993).

#### d. **Clomazone**

O clomazone também causa danos ao girassol, quando há contato direto, havendo necessidade de manter um intervalo de segurança entre sua aplicação e a semeadura. Blanco et al. (1991b) realizaram experimentos a fim de avaliar a persistência e a fitotoxicidade do clomazone em girassol. Os resultados revelaram que esse herbicida não se encontrava no solo em concentrações suficientes para afetar o desenvolvimento do girassol 10 semanas após a aplicação das doses 0,8; 1,0 e 1,2 kg i.a. ha<sup>-1</sup>.

#### e. **Nicosulfuron**

A cultura do girassol é bastante sensível a herbicidas pertencentes ao grupo químico das sulfoniluréias, do qual faz parte o nicosulfuron. Rodrigues & Almeida (1998), em experimentos conduzidos no Brasil, determinaram o intervalo de 30 dias entre a aplicação desse herbicida e a semeadura do girassol.

#### f. **Diuron**

Este herbicida é bastante utilizado em áreas de cana-de-açúcar, algodão, abacaxi, citrus, café, entre outras. Nessas culturas, onde o diuron é aplicado sistematicamente, há necessidade de cuidados quanto a optar por culturas subseqüentes. Esse princípio ativo possui persistência relativamente longa, podendo afetar culturas sensíveis, como o girassol semeado em sucessão. De acordo com Blanco et al. (1991a), o solo estará liberado para semeadura de culturas sensíveis após 10 meses de aplicação das doses 1,6; 3,2 e 4,8 kg i.a. ha<sup>-1</sup>.

#### g. **Tebuthiuron**

Este herbicida possui registro no Ministério da Agricultura para aplicações em cana-de-açúcar e pastagens, controlando espécies dicotiledôneas, algumas gramíneas e arbustos. Possui persistência longa, podendo sua meia vida variar de 12 a 15 meses. Segundo Rodrigues & Almeida (1998), a área onde foram aplicadas as doses normais de tebuthiuron não deve ser utilizada para implantação de culturas sensíveis num período inferior a dois anos.

#### h. Diclosulam

Este herbicida é recomendado para a cultura da soja em doses que variam de 25 a 35 g i.a. ha<sup>-1</sup>, controlando espécies daninhas dicotiledôneas. O efeito fitotóxico do diclosulam sobre o girassol é bastante acentuado. Os sintomas mais pronunciados são plantas com desenvolvimento inicial lento, com o limbo foliar clorótico e afilado e, posteriormente, o aparecimento de necrose, com morte de plantas. De acordo com Brighenti et al. (2002a), a dose normal de 33,6 g i.a. ha<sup>-1</sup> (40 g ha<sup>-1</sup> do produto comercial), aplicada em condições de pré-emergência da cultura da soja, causou redução total do estande do girassol semeado em sucessão, em experimento conduzido no município de Montividiu, GO.

De acordo com Blanco et al. (1983), a persistência dos herbicidas no solo depende da natureza química, da formulação, das doses aplicadas do produto, das características do solo e dos fatores climáticos do meio. Por essas razões, informações obtidas em determinados locais, quando extrapoladas para outras regiões, de solo e climas diferentes, apresentam sempre valor relativo.

**Assim, antes de qualquer tomada de decisão sobre a implantação de culturas sensíveis, como o girassol, a qualquer princípio ativo de longo período residual, como, por exemplo, os descritos nesse item, é necessário realizar o chamado bio-teste. Para conduzi-lo, coleta-se o solo da área com suspeita de resíduo e também solo onde nunca foi aplicado herbicidas (solo de beirada de cercas, carregadores ou beirada de estradas). Esses solos são colocados em vasos, onde é semeada a cultura de interesse, como o girassol, e ainda, se possível, outras plantas-teste como aveia, pepino, beterraba, tomate, entre outras. Após, analisado o aparecimento de sintomas, comparando as plantas que desenvolveram no solo com suspeita de resíduo e aquelas desenvolvidas em solo sem herbicida, pode-se optar ou não pela implantação do girassol na área com suspeita.**

### Considerações finais

Na atualidade, o manejo de plantas daninhas na cultura do girassol é uma operação bastante complexa. As dificuldades enfrentadas pelo agricultor no controle de espécies infestantes na cultura é grande, principalmente quando ocorre predominância de plantas daninhas dicotiledôneas. O fato de existir apenas dois herbicidas registrados para o girassol junto

ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, limita de forma considerável as ações técnicas, quando da necessidade de recomendações e elaboração do receituário agrônomo.

Dessa forma, a gama de informações abordadas neste trabalho visam auxiliar na tomada de decisão por métodos mais racionais de controle, com ênfase no manejo integrado, levando sempre em consideração o aspecto econômico, a saúde humana e o meio ambiente.

## Referências

ACLONIFEN technical reference dossier.doc. Rhône Poulenc Agro - Herbicide - Fungicide active ingredient Group. Lyon, 9 abr. 1999.

ALLEMANN, J.; REINHARDT, C.F. Evidence that alachlor selectivity in sunflower is based on depth-protection. **South African Journal of Plant and Soil**, Pretoria, v.11, n.4, p.198-199, 1994.

ANDERSON, W.P. **Weed science**: principles. 2.ed. New York: West Publishing, 1983. 655 p.

ASAD, A. Boron requirements for sunflower and wheat. **Journal Plant Nutrition**, New York, v.25, n.4, p.885-899, 2002.

ASAD, A.; BLAMEY, F.P.C.; EDWARDS, D.G. Dry matter production and boron concentrations of vegetative and reproductive tissues of canola and sunflower plants grown in nutrient solution. **Plant and Soil**, The Hague, v.243, p.243-252, 2002.

ASAD, A.; BLAMEY, F.P.C.; EDWARDS, D.G. Effects of boron foliar application on vegetative and reproductive growth of sunflower. **Annals of Botany**, London, v.92, p.565-570, 2003.

BAUGHMAN, T.A.; SHAW, D.R. Effect of wetting/drying cycles on dissipation patterns of bioavailable imazaquin. **Weed Science**, Champaign, v.44, n.2, p.380-382, 1996.

BEDMAR, F. Evaluation of postemergence grass herbicides against *Cynodon dactylon* in sunflower. **Tests of Agrochemicals and Cultivars**, London, n.13, p.58-59, 1992.

BEDMAR, F. Evaluation of preemergence applications of flupoxam and diflufenican with and without acetochlor on control of weeds in sunflower. **Tests of Agrochemicals and Cultivars**, London, n.16, p.68-69, 1995.

BEDMAR, F. Bermudagrass (*Cynodon dactylon*) control in sunflower (*Helianthus*

*annuus*), soybean (*Glycine max*), and potato (*Solanum tuberosum*) with postemergence graminicides. **Weed Technology**, Champaign, v.11, n.4, 683-688, 1997.

BEDMAR, F.; LEADEN, M.; EYHERABIDE, J.J. Efectos de la competencia de las malezas con el girasol (*Helianthus annuus* L.). Malezas, Revista de la Asociacion Argentina para el Control de Malezas, Buenos Aires, v.11, n.4, p.51-61, 1983.

BLAMEY, F.P.C.; MOULD, D.; CHAPMAN, J. Critical boron concentrations in plant tissue of two sunflower cultivars. **Agronomy Journal**, Madison, v.71, n.2, p.243-247, 1979.

BLAMEY, F.P.C.; ZOLLINGER, R.K.; SCNEITER, A.A. Sunflower production and culture. In: SCNEITER, A.A. (Ed.). **Sunflower technology and production**. Madison: American Society of Agronomy, 1997. p.595-670 (Agronomy, 35).

BLANCO, H.G.; NOVO, M.C.S.; SANTOS, C.A.L.; CHIBA, S. Persistência do herbicida metribuzin em solos cultivados com soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.18, p.1073-1084, 1983.

BLANCO, H.G.; MATALLO, M.B.; CHIBA, S. Persistência do diuron em solo cultivado com cana-de-açúcar, após três anos de aplicações anuais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 18., 1991, Brasília. **Resumos...** Brasília: SBHED, 1991a. p.33-34.

BLANCO, H.G.; MATALLO, M.B.; CHIBA, S. Persistência no solo do herbicida clomazone: dados de dois anos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 18., 1991, Brasília. **Resumos...** Brasília: SBHED, 1991b. p.34.

BORTOLUZI, E.S.; BRIGHENTI, A.M.; GOTARDO, J. Controle de plantas daninhas em semeadura convencional de girassol. In: MOSTRA ACADÊMICA DE TRABALHOS DE AGRONOMIA, 5., 2001. **Resumos...** Londrina: UEL, 2001. p.112.

BRIGHENTI, A.M.; GAZZIERO, D.L.P.; OLIVEIRA, M.F.; VOLL, E.; PEREIRA, J.E. Seletividade e eficiencia do aclonifen no controle de plantas daninhas na cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) In: REUNIAO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 13; SIMPOSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 1., 1999, Itumbiara. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 1999. p.153. (Embrapa Soja. Documentos, 135).

BRIGHENTI, A.M.; FORNAROLLI, D.A.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.S.; GAZZIERO, D.L.P.; PINTO, R.A. Seletividade de herbicidas aplicados em condições de pré-emergência na cultura do girassol. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Brasília, DF, v.1, n.3, p.243-247, 2000a.

BRIGHENTI, A.M.; GAZZIERO, D.L.P.; OLIVEIRA, M.F.; VOLL, E. Intervalo de

segurança entre a aplicação do imazaquin e a semeadura do girassol em solo de textura argilosa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Londrina: SBCPD, 2000b. p.397.

BRIGHENTI, A.M.; GAZZIERO, D.L.P.; OLIVEIRA, M.F.; VOLL, E.; PEREIRA, J.E. Controle químico de plantas daninhas na cultura do girassol em solo de textura argilosa. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Brasília, DF, v.1, n.1, p.85-88, 2000c.

BRIGHENTI, A.M.; MORAIS, V.J.; OLIVEIRA JR, R.S.; GAZZIERO, D.L.P.; BARROSO, A.L.L.; GOMES, J.A. Persistência e fitotoxicidade de herbicidas aplicados na soja sobre o girassol em sucessão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.37, n.4, p.559-565, 2002a.

BRIGHENTI, A.M.; MORAIS, V.J.; OLIVEIRA JR, R.S.; GAZZIERO, D.L.P.; VOLL, E.; GOMES, J.A. Persistência e fitotoxicidade do herbicida atrazine aplicado na cultura do milho sobre a cultura do girassol em sucessão. **Planta Daninha**, Viçosa, v.20, n.2, p.291-297, 2002b.

BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C.; GAZZIERO, D.L.P.; ADEGAS, F.S.; VOLL, E. Cadastramento fitossociológico de plantas daninhas na cultura do girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.38, n.5, p.651-657, 2003a.

BRIGHENTI, A.M.; VOLL, E.; GAZZIERO, D.L.P. Seletividade e manejo de plantas voluntárias de milho através da aplicação de herbicidas gramínicas na cultura do girassol. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GIRASSOL, 3.; REUNIÃO NACIONAL DE GIRASSOL, 15., 2003, Ribeirão Preto. [**Anais**]. [S.l.]: CATI, 2003b.

BRIGHENTI, A.M.; VOLL, E.; GAZZIERO, D.L.P. Manejo de plantas voluntárias de milho na cultura do girassol com utilização de subdosagens de gramínicas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GIRASSOL, 3.; REUNIÃO NACIONAL DE GIRASSOL, 15., 2003, Ribeirão Preto. [**Anais**]. [S.l.]: CATI, 2003c.

BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C.; OLIVEIRA JR, R.S.; SCAPIM, C.A.; VOLL, E.; GAZZIERO, D.L.P. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do girassol. **Planta Daninha**, Viçosa, v.22, n.2, p.251-257, 2004a.

BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C.; MENEZES, C.C.; GAZZIERO, D.L.P.; VOLL, E. Associação de gramínicas e boro na cultura do girassol (*Helianthus annuus*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24., 2004, São Pedro. **Anais...** Londrina: SBCPD, 2004b. p.182.

BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C.; VOLL, E.; GAZZIERO, D.L.P. Associação de dessecantes e boro no manejo de plantas daninhas e nutrição mineral da

cultura do girassol (*Helianthus annuus*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24., 2004, São Pedro. **Anais...** Londrina: SBCPD, 2004c. p.181-182.

BUSHWAY, R.J.; HURST, H.L.; PERKINS, L.B.; TIAN, L.; GUIBERTEAU CABANILLAS, C.; YOUNG, B.E.S.; FERGUSON, B.S.; JENNINGS, H.S. Atrazine, alachlor, and carbofuran contamination of well water in Central Maine. **Bulletin Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v.49, p.1-9, 1992.

CASTRO, C. de. **Boro e estresse hídrico na nutrição e produção do girassol em casa-de-vegetação**. 1999. Piracicaba, 120f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

CASTRO, C. de; CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A.; LEITE, R.M.V.B.C.; KARAM, D.; MELLO, H.C.; GUEDES, L.C.A.; FARIAS, J.R.B. **A cultura do girassol**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1996. 38p. (EMBRAPA-CNPSo. Circular Técnica, 13).

CASTRO, C. de; BRIGHENTI, A.M.; OLIVIERA JUNIOR, A. Mistura em tanque de boro e herbicidas em semeadura convencional de girassol. **Planta Daninha**, Viçosa, v.20, n.1, p.83-91, 2002.

CATULLO, J.C.; RODRIGUEZ, M.L.; SOSA, C.A.; COLOMBO, I. Determinación del periodo crítico de competencia de las malezas en el cultivo de girasol. **Malezas; Revista de la Asociación Argentina para el Control de Malezas**, Buenos Aires, v.11, n.4, p.150-164, 1983. Trabalho apresentado na IX Reunión Argentina sobre la Maleza y su Control, Santa Fé, agosto de 1982.

DÍAZ-ZORITA, M.; DUARTE, G.A. **Manual práctico para el cultivo de girassol**. Buenos Aires: Hemisferio Sur, 2002. 126p.

DIFLUENICAN technical bulletin. Rhône Poulenc Agro - Herbicide - Fungicide active ingredient Group. Lyon, set. 1997.

DIGGS, C.A.; RATTO DE MIGUEZ, M.S.; SHORROCKS, V.M. Boron deficiency symptoms evaluation: the most accurate method to decide sunflower boron fertilization. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 13., 1992, Pisa. **Summary and scientific contributions**. Pisa: Pacini Editore, 1992. p.1-7.

DOWER NETO, J.B.; MARÓSTIA, A.L.; BONINI, E.C.; ARONE, G.A.; BISCARO, G.; PRUDENTE, J.C.; PIGGIARO, M.A.; ROSA, V.L.; QUEIROZ, W.M. Avaliação da eficácia e seletividade do herbicida clethodim, aplicado em pós-emergência, sobre a cultura do girassol (*Helianthus annuus*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Londrina: SBCPD, 2000. p.110.

DURIGAN, J.C.; MOTTA, M. Controle de plantas daninhas com herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura do girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.24, n.6, p.703-710, 1989.

FLECK, N.G.; PINTO, J.J.O.; MENGARDA, I.P. Interferência de plantas daninhas na cultura do girassol. Competição no tempo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.24, n.9, p.1139-1147, 1989.

FLECK, N.G.; VIDAL, R.A. Injúria potencial de herbicidas de solo ao girassol. II - Chlorimuron-ethyl. **Planta Daninha**, Brasília, v.11, n.1/2, p.47-48, 1993.

GARCIA TORRES, L. Los daños de herbicidas en el cultivo del girasol. In: ALONSO, L.C. (Dir.). **Enfermedades y daños de herbicidas en el cultivo del girasol**. Madrid: Koipesol, 1988. p.129-159.

GAZZIERO, D.L.P.; KARAN, D.; VOLL, E.; ULBRICH, A. Persistência dos herbicidas imazaquin e imazethapyr no solo e os efeitos sobre plantas de milho e pepino. **Planta Daninha**, Botucatu, v.15, n.2, p.162-169, 1997.

GAZZIERO, D.L.P.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C.; PRETE, C.E.C.; VOLL, E. Comportamento do girassol quando cultivado em área tratada com o herbicida 2,4-D. **Planta Daninha**, Viçosa, v.19, n.1, p.127-133, 2001.

GIRIJESH, G.K.; PATIL, V.C. Weed management studies in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) intercropping system. **Journal of Oilseeds Research**, Karnataka, v.8, n.1, p.7-13, 1992.

JOHNSON, B.J. Effect of weed competition on sunflowers. **Weed Science**, Champaign, v.19, n.4, p.378-380, 1971.

LOUX, M.M.; REESE, K.D. Effect of soil pH on adsorption and persistence of imazaquin. **Weed Science**, Champaign, v.40, n.3, p.490-496, 1992.

LOUX, M.M.; REESE, K.D. Effect of soil type and pH on persistence and carryover of imidazolinone herbicides. **Weed Technology**, Champaign, v.7, n.2, p.452-458, 1993.

MACHADO, S.L.O.; MARCHEZAN, E. Avaliação da eficiência e seletividade de herbicidas na cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.). **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.42, n.385, p.16-20, 1989.

MIRCOVICH, C; REGNAULT, Y. Etude des conditions d'application de l'aclonifen en postlevée précoce du tournesol. In: CONFERENCE DU COLUMA-JOURNÉES INTERNACIONALES SUR LA LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES, 16., 1995, Reims. [**Annales...**] Reims: Association Nationale de Protection des Plantes, 1996. tome 2, p.923-930.

MONSERRAT DELGADO, A. **Daños de herbicidas en los cultivos**: sus causas y sintomas. Madrid: Ministério de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1994. 86p.

MORTVEDT, J.J.; WOODRUFF, J.R. Technology and application of boron fertilizers for crops. In: GUPTA, U.C. **Boron and its role in crop production**. Boca Raton: CRC, 1993. p.157-176.

NOVO, M.C.S.S.; CRUZ, L.S.P.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; TREMOCOLDI, W.A.; IGUE, T. Persistência de imazaquin em latossolo roxo cultivado com soja. **Planta Daninha**, Botucatu, v.15, n.1, p.30-38, 1997.

OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J. **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2001, 362p.

PRADO, R.; ROMERA, E.; JORRIN, J. Effects of chloroacetamides and phytosynthesis-inhibiting herbicides on growth and photosynthesis in sunflower (*Helianthus annuus* L.) and *Amaranthus hybridus* L. **Weed Research**, Oxford, v.33, p.369-374, 1993.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F. de S. **Guia de herbicidas**. 4.ed. Londrina: [s.n.], 1998. 648 p.

ROSSI, R.O. **Girassol**. Curitiba: Tecnoagro, 1998. 333p.

STOUGAARD, R.N.; SHEA, P.J.; MARTIN, A.R. Effect of soil type and pH on adsorption, mobility and efficacy of imazaquin and imazethapyr. **Weed Science**, Champaign, v.36, n.1, p.67-73, 1990.

SURESH, G.; REDDY, N.V. Integrated weed management in sunflower. **Journal of Research-APAU**, v.23, n.1, p.34-35, 1995.

THOMPSON, C.; SCHLEGEL, A.; STAHLMAN, P. Sulfentrazone (Spartan or Authority), a potencial new herbicide in no-till sunflower. In: SUNFLOWER RESEARCH WORKSHOP, 21., 1999, Fargo. **Proceedings...**, Bismarck: NATIONAL SUNFLOWER ASSOCIATION, 1999. p.21-22

TRACCHI, G.; LOUBIERE, P.; MONTAGNON, M. Oxadiargyl a novel herbicide for sunflower and vegetables. In: BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE – Weeds, 1997, Brighton,UK. **Proceedings...** Farnham, UK: British Crop Protection Council, 1997. v.2, p.885-889.

ULBRICH, A.V.; RODRIGUES, B.; LIMA, J. Efeito residual dos herbicidas imazaquin e imazethapyr, aplicados na soja, sobre o milho safrinha. **Planta Daninha**, Botucatu, v.16, n.2, p.137-147, 1998.

VICTÓRIA FILHO, R. Controle de plantas daninhas. In: CONTROLE integrado de plantas daninhas. São Paulo: CREA-SP,1982. p.77-89.

VIDAL, R.A.; MEROTTO JR., A. **Herbicidologia**. Porto Alegre: R.A. Vidal & A. Merotto Jr. 2001. 152p.

WEAST, R.C.; ASTLE, M.J. (Eds.). **CRC handbook of chemistry and physical**: a ready-reference book of chemical and physical data. 62. ed. Boca Raton: CRC, 1982. p.B84, B146.



Flávio Moscardi  
Daniel Ricardo Sosa-Gómez  
Ivan Carlos Corso

## **Introdução**

Vários insetos podem ocasionar diferentes tipos de danos ao girassol no Brasil, resultando em redução na produtividade da cultura se não forem controlados adequadamente. Os danos podem envolver insetos que atacam as raízes, que cortam plântulas, reduzindo o estande da cultura, que causam desfolha e os que atacam a haste, o capítulo e os aquênios. Embora o girassol seja cultivado no Brasil desde a década de 1920 (Garcia, 1988), foi somente a partir da década de 1980 que passou a ser produzido em maior escala, inicialmente nas regiões Sul e Sudeste e posteriormente na Região Centro-Oeste, que hoje representa a maior área de cultivo desta cultura no País. Com sua expansão, insetos que tinham pouca expressão em termos de ocorrência e danos à cultura (ex. percevejos, etc.) (Ungaro, 1981; Moscardi & Corso, 1988) passaram a ocorrer em maior intensidade populacional, tornando-se economicamente importantes (Malaguido & Panizzi, 1998a, Camargo & Amabile, 2001). Com a possível expansão da área de cultivo do girassol em diferentes regiões, é de se esperar a intensificação de problemas com insetos-pragas já conhecidos e com novas espécies de insetos, bem como com outros organismos invertebrados, como lesmas e caracóis, que tendem a se adaptar à cultura, quando estiver disponível em maior área de cultivo do que a atual. Essa adaptação é esperada, considerando a grande diversidade de insetos e outros invertebrados que ocorrem associados ao girassol em outras regiões, onde a cultura é cultivada há mais tempo e em áreas muito mais extensivas que as cultivadas no Brasil (ver revisão de Charlet et al., 1997).

Neste capítulo, há informações sobre as principais pragas da cultura do girassol e as secundárias ou potenciais no Brasil, por estrato da planta, levando em conta, também, a informação existente sobre agentes de controle biológico naturais das principais pragas. Há, também, informações

importantes para o manejo das pragas mais importantes, envolvendo o uso de diferentes táticas de controle, quando possível, incluindo o controle através de inseticidas. Quanto ao controle dos insetos, é importante mencionar que, praticamente, não há produtos químicos ou biológicos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), especificamente destinados à cultura do girassol. Nesse contexto, serão apenas relatados resultados de pesquisa envolvendo produtos químicos ou biológicos para algumas pragas, ou a experiência conhecida em outras culturas, sem que se constitua em recomendação por parte dos autores deste capítulo.

## **Insetos e outros invertebrados associados ao girassol**

### **Insetos que atacam a raiz**

Na região Centro-Oeste, é citado o percevejo castanho, *Scaptocoris castanea* Perty (Coleoptera: Cydnidae) atacando raízes de girassol (Camargo & Amabile, 2001). O adulto tem cerca de 0,6 cm de comprimento, cor marrom e oviposita no solo, onde eclodem as ninfas que passam por cinco estádios e são de coloração esbranquiçada (Fig. 1). Tanto os adultos como as ninfas, exalam um cheiro forte e característico, quando o solo, em áreas atacadas, é movimentado. Em áreas altamente infestadas, esse inseto



**Fig. 1.** Ninfa e adulto do percevejo-castanho-da-raiz, *Scaptocoris castanea*

pode provocar grandes perdas ao girassol, pois, a exemplo de várias outras culturas hospedeiras, tanto o adulto como as ninfas alimentam-se ativamente, sugando as raízes, reduzindo o desenvolvimento normal das plantas e, conseqüentemente, a produtividade da cultura do girassol.

Espécies de ‘corós’ ou ‘pão-de-galinha’ (Coleoptera: Melolonthidae), como são conhecidos na sua fase larval (Fig. 2), têm, também, potencial de causar danos à cultura. Os adultos (Fig. 3) depositam os ovos no solo e as larvas eclodidas passam a se alimentar de raízes de plantas hospedeiras. *Phyllophaga cuyabana* Moser e outras espécies de corós têm sido observadas alimentando-se de girassol, em várias regiões (Oliveira & Oliveira, 1997; L.J. Oliveira, Embrapa Soja, comunicação pessoal). No Rio Grande do Sul, Silva & Costa (2002) reportaram *Diloboderus abderus* Sturm em girassol, concluindo que, a partir de 0,4 larva m<sup>-2</sup>, em média, pode ocorrer dano economicamente significativo à cultura. Em experimentos com *P. cuyabana*, em laboratório, em casa-de-vegetação, e em campo, Oliveira & Oliveira (1997) observaram que os adultos se alimentam de folhas do girassol, mostrando preferência a essa cultura, quando comparada à soja, e as larvas se alimentam de suas raízes, desenvolvendo-se até a fase adulta. Esses autores relatam, também, que o girassol pode ser um hospedeiro alternativo para *Phyllophaga* spp., podendo vir a sofrer danos causados pelas larvas, quando cultivado em áreas infestadas, especialmente em época de safrinha.



**Fig. 2.** Larva do coró ou pão-de-galinha, *Phyllophaga cuyabana*



**Fig. 3.** Adulto do coró, *Phyllophaga cuyabana*

### Insetos que atacam plântulas

Neste grupo, encontra-se a lagarta rosca, *Agrotis ipsilon* (Hufnagel) (Lepidoptera: Noctuidae). O adulto é uma mariposa com cerca de 35 mm

de envergadura, cujas asas anteriores são marrons, com algumas manchas pretas, e as posteriores semi-transparentes (Gallo et al., 2002). A lagarta, de hábito noturno, pode atingir 45 mm de comprimento e possui cor cinza-escura e três listras amarelo-claras no dorso, destruindo até quatro plantas com 10 cm de altura, durante o desenvolvimento larval. Essa lagarta e as lagartas de outras espécies de noctuídeos, que podem atuar como cortadoras ou desfolhar totalmente plântulas de girassol, como *Spodoptera frugiperda* (Smith), *S. latifascia* (Walker) (Fig.4) e *S. eridanea* (Cramer), podem reduzir o estande da cultura e, conseqüentemente, sua produtividade, em áreas de alta incidência desses insetos. Em áreas semeadas com girassol posteriormente à soja, onde há a emergência de plantas voluntárias de soja (Fig. 5), o problema pode se agravar. Uma vez eliminada a planta preferencial (soja), esses e outros insetos passam a atacar as plântulas de girassol, como é o caso da lagarta-da-soja, *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae), que pode atacar cotilédones e brotos iniciais das plântulas, nessas áreas (Fig. 6).



**Fig. 4.** Lagarta de *Spodoptera latifascia*



**Fig. 5.** Plantas voluntárias de soja



**Fig. 6.** Lagarta-da-soja, *Anticarsia gemmatilis*

## Insetos que atacam as folhas

### Besouros desfolhadores (Vaquinhas)

Dentre os insetos que causam desfolha, as vaquinhas, principalmente *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) (patriota, brasileiro) (Fig. 7) e *Maecolaspis* sp. (besouro verde-metálico) (Fig. 8), são espécies que podem ocasionar danos econômicos ao girassol, na fase inicial da cultura (Ungaro, 1981; Villas Boas et al., 1981; 1983). Por serem insetos polípagos, as vaquinhas se multiplicam em outras culturas ou plantas espontâneas, desenvolvendo-se, na fase larval, em raízes desses hospedeiros e os adultos emergentes migram para áreas de cultivo de girassol, onde causam desfolha. Durante o período vegetativo, a desfolha não é tão crítica como na fase de formação e desenvolvimento do capítulo e aquênios (ver página 488), sen-



**Fig. 7.** Adulto de *Diabrotica speciosa*



**Fig. 8.** Adulto do besouro, *Maecolaspis* sp.

do que o girassol suporta considerável nível de desfolha (até 50%) no período vegetativo, sem perda de produtividade (Moscardi & Villas Boas, 1983). Entretanto, Paro & Nakano (1976) observaram que, para plantas desfolhadas totalmente, antes dos 40 dias de idade, houve perda total da produção.

### **Lagartas desfolhadoras**

A principal lagarta que desfolha o girassol é a espécie *Chlosyne lacinia saundersii* (Doubleday & Hewitson) (Lepidoptera: Nymphalidae), também conhecida como lagarta-do-girassol (Ungaro, 1981). O primeiro registro desse inseto nessa cultura, no Brasil, é de-

vido a Maranhão (1945). O adulto é uma borboleta com cerca de 40 mm de envergadura, de coloração geral preta e alaranjada, com manchas brancas nas bordas das asas (Fig. 9), que coloca massas de ovos amarelos na face inferior das folhas (Fig. 10). As lagartas eclodem em, aproximadamente, sete dias, apresentando coloração escura, com espinhos pelo cor-



**Fig. 9.** Adulto de *Chlosyne lacinia saundersii*



**Fig. 10.** Ovos de *Chlosyne lacinia saundersii*

po, e passa por seis estádios larvais, que levam cerca de 17-18 dias para se transformarem em pupas, estas gerando adultos em seis a sete dias (Vendramim & Boiça Jr., 1994). Nos estádios iniciais, pelo menos até o terceiro estádio, as lagartas se mantêm agregadas e apresentam coloração alaranjada, durante o período de mudança para o estádio posterior (Fig. 11). A partir do quarto estádio, as lagartas tendem a se desagregar e a se



**Fig. 11.** Colônia de lagartas de segundo instar de *Chlosyne lacinia saundersii*

distribuir pela planta, apresentando polimorfismo de cor, observando-se lagartas alaranjadas ('rufa') (Fig. 12), de coloração geral preta e com manchas dorsais alaranjadas ('bicolor') (Fig. 13) até aquelas totalmente pretas e, às vezes com pontuações brancas ou amarelas no dorso ('nigra') (Fig. 14), estas sendo as mais abundantes (52,9%), seguidas das formas 'bicolor'



**Fig. 12.** Lagarta de *Chlosyne lacinia saundersii* de cor alaranjada



**Fig. 13.** Lagarta de *Chlosyne lacinia saundersii* de cor preta com manchas alaranjadas no dorso



**Fig. 14.** Lagarta de *Chlosyne lacinia saundersii* de cor totalmente preta

(32,7%) e 'rufa' (14,4%), segundo Lopes-da-Silva & Casagrande (2003). Os dois últimos instares são responsáveis por, aproximadamente, 85%, do consumo foliar, durante a fase larval, que é de cerca de 70 cm<sup>2</sup> por larva (Paro & Nakano, 1976). A partir de uma postura, a planta pode ser totalmente desfolhada, com as lagartas podendo abandonar a planta onde foi realizada a postura e atacar outras plantas de girassol vizinhas ou outras plantas hospedeiras disponíveis (Campos-Farinha et al., 1997). A pupa, de tonalidade clara e com manchas/estrias pretas (Fig. 15) é formada, geralmente, na haste, nos pecíolos e nas folhas do girassol.



**Fig. 15.** Pupa de *Chlosyne laciniata saundersii*

A incidência dessa lagarta tende a ser maior e mais antecipada na cultura quanto mais tardia for a semeadura (Villas Boas et al., 1983; Boiça Jr. & Vendramim, 1993). Na região de Londrina, em experimento contemplando quatro épocas de semeadura, Villas Boas et al. (1983) verificaram que plantios efetuados em janeiro e fevereiro resultaram em maior intensidade populacional dessa lagarta, coincidindo com a fase vegetativa da cultura, enquanto o plantio efetuado em novembro, resultou em menores intensidades do inseto, com pico populacional ocorrendo quando as plantas se encontravam em florescimento pleno. Para o plantio efetuado em março, a incidência da lagarta foi sempre muito baixa, coincidente com um aumento do parasitismo sobre as diferentes fases desse inseto (Villas Boas et al., 1983). A lagarta-do-girassol tem várias plantas hospedeiras alternativas, principalmente as da família Asteraceae

(Moscardi, 1982; Campos-Farinha et al., 1997). Antes da presença do girassol no campo, essa lagarta é freqüentemente encontrada alimentando-se, principalmente, de carrapicho-de-carneiro (*Acanthospermum hispidum*), mal-me-quer (*Wedelia glauca*), losna branca (*Parthenium hysterophorus*) e picão preto (*Bidens pillosa*). Entretanto, em áreas com a presença do girassol, que, aparentemente, é mais preferido por essa lagarta, verificou-se que a sua incidência sobre plantas hospedeiras alternativas foi bastante reduzida (Moscardi, 1983). Estudos realizados por Justus et al. (2003) mostraram a preferência do inseto pelo girassol, em relação à losna branca (*P. hysterophorus*).

A lagarta-do-linho, *Rachiplusia nu Guenee* é a lagarta-falsa-medideira da soja, *Pseudoplusia includens* (Walker) (Lepidoptera.: Noctuidae: Plusiinae), são outros insetos desfolhadores encontrados na cultura do girassol, a primeira espécie com maior freqüência e abundância no sul do País. A mariposa do inseto apresenta as asas posteriores de cor alaranjada e põe os ovos sobre as folhas. Já os adultos de *P. includens* caracterizam-se pela presença de manchas prateadas nas asas anteriores. As lagartas são de coloração verde-clara, tendo, no dorso, listras finas esbranquiçadas (Fig. 16), alimentando-se do parênquima da folha, deixando as nervuras intactas (Ungaro, 1981; Villas Boas & Moscardi, 1982; Boiça Jr. et al., 1984; Camargo & Amabile, 2001). Embora de ocorrência menos comum, a lagarta-da-soja pode ser encontrada atacando o girassol (Villas Boas et al., 1983; Boiça Jr. et al., 1984; Camargo & Amabile, 2001). Em girassol cultivado sobre resteva de soja, há proliferação da lagarta em soja voluntária. Terminando o alimento preferencial (soja), a lagarta passa a atacar plântulas de girassol (Fig. 6) (como observado por A. Brighenti, na região de Jaguapitã, PR), podendo provocar grandes perdas. Em plantas já desenvolvidas, a lagarta-da-soja pode ser observada alimentando-se de folhas tenras, brácteas e da parte carnuda detrás do capítulo.



**Fig. 16.** Lagarta de *Pseudoplusia includens*

## Formigas

Várias espécies de formigas têm potencial para afetar a cultura do girassol, quando suas populações são elevadas, com destaque para espécies de saúva (*Atta* spp.) (Fig. 17) e da formiga negra (*Acromyrmex* spp.) (Ungaro, 1981). As formigas podem devastar toda a parte aérea de plântulas de girassol em poucos dias, bem como de plantas em estágio vegetativo, ainda com três a cinco folhas, mas em setores localizados da lavoura (F. Moscardi, observações pessoais). Em plantas com maior desenvolvimento, podem provocar danos nas folhas, brácteas e flores (Ungaro, 1981). Em lavouras com esse tipo de problema, principalmente em situações de alta infestação, durante o período inicial da cultura, deve-se eliminar os formigueiros com inseticidas adequados, principalmente aqueles utilizados na forma de iscas (ver página 494).



**Fig. 17.** Formigas cortadeiras do gênero *Atta*

## Outros insetos que atacam as folhas

Em levantamentos realizados na cultura do girassol, em Londrina, PR, no início da década de 1980, observou-se a ocorrência de pulgões (Hemiptera: Aphididae) (Fig. 18), tripses (Thysanoptera: Thripidae) e cigarrinhas (Hemiptera: Cicadellidae) (Ungaro, 1981; Villas Boas et al., 1983). Silva et al. (1968) registraram a ocorrência da cigarrinha *Agallia albidula* Uhler na cultura e Boiça Jr. et al. (1984) reportaram as cigarrinhas *Protalebrella brasiliensis* (Baker) e *Empoasca* sp., além da mosca branca *Bemisia* sp. (Hemiptera: Aleyrodidae). Surtos muito elevados da mosca branca foram observados em girassol, em 1973 (Yuki, 2001). Quanto à ocorrência de tripses, há registros das espécies *Frankiniella occidentalis* (Pergande) e *F. schultzei* (Trybom) na cultura (Monteiro et al., 2001). Devido à quase au-



**Fig. 18.** Colônia de pulgões

sência de dados, não se conhece muito bem o papel desses insetos no girassol, se causam danos diretos ou indiretos, estes através da transmissão de viroses à cultura. Segundo Ungaro (1981), o maior dano causado por pulgões e tripses refere-se à transmissão de vírus, especialmente em campos de produção de sementes.

A ocorrência de *Lagriavillosa* F. (Coleoptera: Lagriidae) é comum na cultura (Villas Boas et al., 1983), mas, geralmente, não tem importância econômica, pois esse inseto se alimenta de tecidos de folhas do girassol em decomposição (necrosados). No entanto, quando em altas populações, os adultos podem raspar hastes e pecíolos de folhas, que podem quebrar, promovendo grande concentração de adultos no interior ou exterior destas folhas em processo de necrose (Fig.19).



**Fig. 19.** Adultos do Idi-amin, *Lagriavillosa* e seus danos

## Insetos que atacam a haste, o capítulo e os aquênios

### Percevejos

Os percevejos, principalmente os pentatomídeos, como *Edessa meditabunda* (F.), *Nezara viridula* (L.), *Euschistus heros* (F.), *Piezodorus guidinii* (West.) e *Acrosternum* spp. têm se tornado importantes na cultura, tanto no Norte do Paraná (Villas Boas et al., 1983; Malaguido & Panizzi, 1998a), como na região Centro-Oeste (Camargo & Amabile, 2001), sendo esta a região de maior expansão do cultivo da oleaginosa. Além desses registros, Malaguido & Panizzi (1998a) também observaram a ocorrência de *Acrosternum armigera* (Stal), *Thyanta perditor* (F.) e *Thyanta* sp. (Fig. 20). Esses insetos sugam os capítulos, sendo encontrados atacando aquênios em formação, mas podem concentrar-se na haste, preferencialmente na região de inserção do capítulo, onde sugam a seiva, podendo ocasionar a murcha e a perda do capítulo em formação. Panizzi & Machado-Neto (1992), reportaram clara preferência de adultos de *E. meditabunda* pela alimentação em hastes e no pedúnculo do girassol. A biologia de *E. heros* e sua abundância em relação à época de plantio e os estádios fenológicos do girassol foram estudados por Malaguido & Panizzi (1999). Em condições de alta infestação de percevejos, a partir da fase inicial até a fase final do florescimento, a produção pode ser seriamente afetada (Castro et al., 1996).

Em trabalho envolvendo a infestação de gaiolas teladas em campo, com *E. heros*, utilizando níveis de dois, quatro e oito insetos por planta, em plantas no estágio R3 (segunda fase do alongamento do broto floral) até a colheita, no estágio R6 (fase final de florescimento) até a colheita e no estágio R9 (maturação fisiológica dos aquênios) até a colheita, Malaguido & Panizzi (1998b) observaram que apenas de R3 até a colheita, na infestação de oito percevejos por planta, houve redução significativa no peso de 1000 sementes e no poder germinativo das sementes. Em outro trabalho, (Malaguido et al., 2000), utilizando o mesmo inseto e os níveis de 0, 2, 4, 6 e 8 percevejos por planta, com infestações nos estádios R1, R2 e R3, até a colheita, verificaram que, só a partir de quatro insetos por planta, houve redução significativa no peso de 1000 sementes.

O percevejo *Xyonysius major* (Berg) (Hemiptera: Lygaeidae) tem sido observado em capítulos sugando aquênios. Embora seja considerado inseto ocasional na cultura, pode ocasionar redução na produtividade e no poder germinativo de semente, quando em altas populações (Camargo & Amabile, 2001). Trata-se de um inseto pequeno, medindo cerca de 0,5 cm, que



**Fig. 20.** Adultos de percevejos da família Pentatomidae a, b) *Euschistus heros*; c) *Nezara viridula*; d) *Edessa meditabunda*; e) *Thyanta perditor*; f) *Acrosternum* sp.

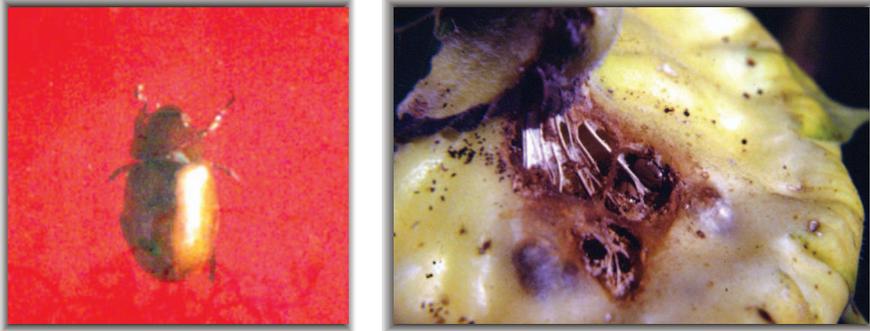
possui coloração marrom (Fig. 21). Em estudo realizado por Aguiar et al. (2002), com infestações de 0, 2, 4, 6 e 8 adultos do inseto, do estágio reprodutivo R6 até a colheita, em girassol no interior de gaiolas teladas, não foram observados, mesmo na maior população do percevejo, efeitos significativos no rendimento, no peso de 1000 aquênios e na porcentagem de germinação de aquênios. Embora Didonet et al. (1999) (citados por Aguiar et al., 2002) tenham registrado a ocorrência de *X. major* em altas populações no município de Gurupi, TO, causando severos danos aos aquênios e uma alta porcentagem de grãos chochos, esse inseto merece ser mais bem estudado quanto à sua ocorrência nas diferentes regiões produtoras e à sua capacidade de danos.



**Fig. 21.** Adulto de *Xionysius major*

### **Besouro Marrom**

De coloração geral do corpo marrom-clara e protórax e cabeça com coloração marrom-escura, com cerca de 11 mm de comprimento, o besouro *Cyclocephala melanocephala* (F.) (Coleoptera: Melolonthidae) pode causar grandes danos aos capítulos, onde penetra em grandes quantidades, alimentando-se da sua massa interior e de aquênios, favorecendo a entrada e o estabelecimento de doenças (Fig. 22) (Ungaro, 1981; Camargo & Amabile, 2001; Gallo et al., 2002). Geralmente, ocorre em reboleiras, nas bordas das lavouras, sendo que o controle pode ser dirigido somente aos locais atacados. O adulto coloca os ovos no solo e as larvas (corós) desenvolvem-se em raízes de plantas da vegetação espontânea ou cultivadas. Não são conhecidos relatos do ataque de larvas em raízes de girassol. Portanto, a



**Fig. 22.** Adulto de *Cyclocephala melanocephala* e seus respectivos danos

invasão de adultos, em áreas de girassol, deve originar-se de insetos desenvolvidos em raízes de culturas ou plantas daninhas presentes nas imediações destas áreas.

### **Lagarta-do-capítulo**

Em levantamentos realizados na década de 1980 (Villas Boas et al., 1981, 1983), encontrou-se *Heliothis virescens* F. (Lepidoptera: Noctuidae) atacando capítulos de girassol (Fig. 23), não havendo registro de outra espécie próxima (*Helicoverpa zea* Boddie) causando o mesmo tipo de dano.



**Fig. 23.** Lagarta-do-capítulo danificando aquênios e inflorescência

As mariposas colocam os ovos no capítulo e as larvas eclodidas passam a se alimentar de inflorescências, brácteas e aquênios em desenvolvimento, podendo causar danos consideráveis, quando em altas populações. O inseto pode alimentar-se, também, da parte detrás do capítulo, a exemplo de outras lagartas, propiciando a infecção por patógenos. Na Argentina, *H. zea* é citada atacando folhas do girassol (Luciano & Davreux, 1967).

### **Besouro *Astylus variegatus* (Germar) (Coleoptera: Melyridae)**

Este besouro é de cor amarelada com manchas negras no dorso. Sua ocorrência, no girassol, pode ser verificada em hastes e folhas, mas costuma se concentrar em grandes quantidades nos capítulos (Fig. 24), onde, aparentemente, não causa danos, alimentando-se basicamente de pólen, parecendo atuar mais como polinizador do que como inseto-praga (Fig. 25). Entretanto, o papel desse inseto, quanto à sua capacidade de causar danos ao girassol, precisa ser mais bem avaliado, pois também tem sido observado alimentando-se em hastes e folhas. O adulto coloca os ovos no solo e as larvas eclodidas, conhecidas como lagartas-angorá (escura, com pelos pelo corpo), pode se alimentar de sementes de várias culturas, impedindo a germinação ou debilitando as plantas (Marodim et al., 1998/99), inclusive plantas de girassol (F. Moscardi, observação pessoal).



**Fig. 24.** Adulto do besouro *Astylus variegatus*



**Fig. 25.** Concentração do besouro *Astylus variegatus* sobre capítulo de girassol

## Manejo das pragas

### Tolerância do girassol a danos

#### Desfolhadores

Para este grupo de pragas, é importante considerar que o girassol tolera determinados níveis de desfolha, nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura, sem que haja redução na produtividade. Resultados obtidos por Moscardi & Villas Boas (1983), evidenciaram que, com até 25% de desfolha, o rendimento e outros parâmetros da planta não são afetados em nenhum estágio da cultura. Desfolha de até 50%, no período vegetativo, não ocasionou perdas no rendimento. Desfolha efetuada no final da fase de enchimento dos grãos também não afetou a produtividade do girassol. Desse modo, o girassol suporta desfolhas de até 50%, por vaquinhas e outros desfolhadores, no início da cultura. Nas fases mais críticas (formação do botão floral e desenvolvimento de flores e aquênios), pode suportar até 25% de desfolha, sem perdas no rendimento. No entanto, essa resposta pode oscilar com as variedades e híbridos utilizados, indicando que 25% de desfolha é uma margem segura para a decisão de controle, em qualquer uma das fases da cultura.

## Percevejos

De acordo com os dados obtidos e já relatados nas páginas 483 e 485, pode-se considerar que três percevejos do grupo dos pentatomídeos (complexo de espécies) por planta é um limite seguro, a partir do qual deve-se efetuar o controle. No entanto, a determinação do nível de ação adequado (aquele que demanda a aplicação de inseticidas para evitar danos econômicos) ainda carece de refinamento, para as diferentes espécies de percevejos pentatomídeos. No caso do percevejo *X. major*, dados de Aguiar et al. (2002) indicam que até oito exemplares por capítulo não redundam em risco de redução do rendimento da cultura.

## Amostragem das pragas

Para a decisão quanto ao uso ou não de medidas de controle, é preciso fazer amostragens semanais da lavoura, determinando o nível populacional de insetos desfolhadores e a desfolha média, bem como o número médio de percevejos por planta. Para tanto, recomenda-se tomar, pelo menos, dez amostragens ao acaso, para cada talhão semeado no mesmo dia, caminhando no sentido diagonal do mesmo. Cada amostragem deve ser feita em 2 m de linha da cultura, estimando visualmente o número de insetos desfolhadores e a desfolha e contando o número de percevejos por planta. Com base na desfolha média e no número médio de percevejos das amostragens, pode-se determinar a necessidade, ou não, de se adotar medidas de controle. Caso se observe maior concentração de desfolha ou de insetos na bordadura, ou em reboleiras, na lavoura, deve-se concentrar as amostragens nestes locais e, se necessário, efetuar o controle de forma localizada, desde que atingidos os níveis de desfolha ou população de percevejos por planta, conforme os itens anteriores.

## Ocorrência de inimigos naturais em pragas do girassol

É importante considerar a ação de inimigos naturais (predadores, parasitóides e entomopatógenos) que afetam as populações de insetos-pragas. Na cultura do girassol, vários predadores, como *Cycloneda sanguinea* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae) (Fig. 26), *Nabis* spp. (*Tropiconabis* spp.), *Geocoris* sp., *Orius* sp., *Crysopa* sp. e diversas espécies de aranhas, foram detectados (Villas Boas et al., 1981; Boiça Jr. et al., 1984) atacando diferentes pragas. Campos-Farinha & Pinto (1996)



**Fig. 26.** Colônia de pulgões sendo predada pela joaninha *Cycloneda sanguinea*

observaram cinco espécies de vespas predando a lagarta-do-girassol, além de várias espécies de pássaros, estes chegando a causar até 66 % de mortalidade, em pupas. Há vários parasitóides associados à lagarta-do-girassol, que podem reduzir drasticamente suas populações, principalmente em plantios mais tardios. Em levantamentos realizados por Moscardi et al. (1982), verificou-se alta ocorrência de parasitóides do gênero *Trichogramma*, em posturas do inseto, atingindo até 48,5%, na safra de 1981. Ainda nesse levantamento, o parasitismo, na fase larval, chegou a 22% (por duas espécies de dípteros taquinídeos), enquanto que, em pupas, foi de 59% (principalmente por himenópteros calcidídeos, além de dípteros taquinídeos), mostrando a grande importância da contribuição destes agentes para a mortalidade natural da lagarta-do-girassol. Campos-Farinha & Pinto (1996), estudando a ocorrência de inimigos naturais dessa lagarta, em cultivo não tratado com inseticidas, em Rio Claro, SP, verificaram uma incidência menor de parasitismo nesse inseto, encontrando cinco espécies de parasitóides associados à praga. Portanto, aplicações desnecessárias de inseticidas químicos podem reduzir populações de inimigos naturais, comprometendo sua ação sobre as pragas, podendo resultar em ressurgência das mesmas e a necessidade de mais aplicações na cultura.

## Controle através do uso de genótipos resistentes

Boiça Junior & Vendramim (1993) constataram que as cultivares de girassol menos infestadas por *C. lacinia saundersii* foram 'Cargill-33', 'Contissol', 'Issanka-F', 'PIGB', 'Uruguai' e 'Contissol-621', enquanto que 'Contissol-711', 'Contissol-112' e 'Rumano-P4' foram as mais infestadas. Com base nesse experimento, os autores sugerem que os métodos mais adequados para a avaliação da infestação desse inseto são a percentagem de plantas atacadas e o número de lagartas por metro linear de plantas. Em experimento de laboratório, visando determinar os mecanismos de resistência envolvidos, com algumas dessas cultivares, Vendramim & Boiça Jr. (1994) observaram que 'Uruguai', 'Contissol-112' e 'Contissol-711' foram as menos adequadas ao desenvolvimento da praga, enquanto 'PIGB', 'Issanka-F' e 'Contissol-621' foram as mais adequadas. Outros materiais que apresentaram pouca desfolha pela lagarta-do-girassol, em condições de campo, foram 'Estanzuela 75' e 'Cargill 33' (Lourenção & Ungaro, 1983).

## Controle dos insetos e outros invertebrados

A principal dificuldade para o controle de pragas do girassol é o número reduzido de produtos registrados no MAPA ([www.agricultura.gov.br](http://www.agricultura.gov.br)). Isso é devido ao desinteresse das empresas pelo mercado restrito que essa cultura representa, no País. Desse modo, indicações de produtos para o controle de insetos do girassol, neste capítulo, não se constituem em recomendação. Apenas servem como referência, em função de resultados de pesquisa obtidos em testes com inseticidas efetuados contra insetos do girassol ou em testes realizados para o controle de insetos que ocorrem no girassol, mas que foram efetuados em outras culturas (ex., controle de percevejos na soja).

## Controle de lagartas

A lagarta do girassol, *C. lacinia saundersii*, é um inseto de fácil controle. Suas populações podem ser controladas com inseticidas reguladores de crescimento, biológicos e químicos. Em experimentos durante várias safras, constatou-se que o inseticida biológico à base da bactéria entomopatogênica, *Bacillus thuringiensis* (Berliner), diflubenzurom e diversos organofosforados podem ser utilizados para seu controle, com doses semelhantes às utilizadas para o controle da lagarta-da-soja (Corso & Moscardi, 1981; Corso, 1982, 1983, 2003; Corso & Gonçalves, 1984a).

Na Argentina, Aragon (2003) recomenda o uso de armadilhas luminosas para a captura de adultos de lagartas cortadeiras, como *A. ipsilon*. Dessa maneira, é possível inferir se a população será elevada. A mesma abordagem pode ser feita para a lagarta cortadeira mais comum no Brasil, *S. frugiperda*. Segundo esse autor, os tratamentos de cobertura total podem proporcionar resultados bons se as lagartas encontram-se nos primeiros instares e o solo está úmido ou ocorrem chuvas posteriores à aplicação. O controle de lagartas nos últimos instares é difícil, sendo menos eficiente em solos secos ou na presença de restos vegetais abundantes.

Isclas tóxicas podem ser preparadas com cereais moídos, açúcar, melão, diferentes inseticidas e água em quantidade suficiente para conferir coesão à mistura. O uso de isclas deve ser realizado com cuidado para evitar a intoxicação acidental de animais silvestres e domésticos, na mistura podem ser utilizados inseticidas carbamatos, fosforados, em concentrações variáveis entre 2% e 5% de ingrediente ativo. Aragon (2003) recomenda realizar a aplicação quando são encontradas 2000 larvas/ha, antes da semeadura, e após a emergência, quando são constatadas 3% a 5% das plantas cortadas e a ocorrência de três lagartas em 100 plantas.

### **Controle de percevejos**

Durante a formação do botão floral, a floração e o desenvolvimento dos aquênios, é importante monitorar a ocorrência de percevejos, principalmente os pentatomídeos, dado o aumento de sua incidência em cultivos de girassol e sua capacidade de danos. Para percevejos que costumam ocorrer com maior frequência na base do capítulo, as pulverizações, se necessárias, devem ser dirigidas a essa parte da planta. Para aqueles, como *X. major*, que ocorrem sobre os capítulos, as aplicações podem ser dirigidas para esse órgão da planta, se o inseto encontrar-se em população média superior a oito adultos por capítulo, embora nessa fase da planta esse tipo de diferenciação na aplicação seja difícil. Vários inseticidas têm ação sobre percevejos, conforme a Tabela 1, embora essas informações tenham sido obtidas para esses insetos na cultura da soja, pois não há registro de inseticidas para percevejos na cultura do girassol, à exceção do produto triclorfom.

A aplicação de inseticidas, na época da floração, pode interferir com a ação de insetos polinizadores, principalmente abelhas, da cultura do girassol. Portanto, a avaliação do impacto desses tratamentos é de grande importância para a escolha apropriada de inseticidas seletivos e suas doses eficientes, com o mínimo de impacto sobre esses insetos. Pela impor-

**Tabela 1.** Inseticidas<sup>1</sup> indicados para o controle de percevejos (*Nezara viridula*, *Piezodorus guildinii* e *Euschistus heros*), em girassol. Embrapa Soja. Londrina, PR. 2004.

Nome técnico	Dose (g i.a./ha)	Nome comercial	Formulação e concentração (g i.a./kg ou L)	Dose produto comercial (kg ou L/ha)
Acefato	225	Orthene 750 BR	PS 750	0,300
Endossulfam	437,5	Endozol Thiodan CE Thiodan UBV	SC 500 CE 350 UBV 250	0,875 1,250 1,400
Imidacloprido+beta-flutrina	75+9,375	Connect	SC 100+12,5	0,750
Metamidofós	300	Tamaron BR Hamidop 600 Metafós Faro	CS 600 CS 600 CS 600 CS 600	0,500 0,500 0,500 0,500
Monocrotofós	150	Azodrin 400 Agrophos 400	CS 400 CS 400	0,400 0,400
Triclorfom	800	Dipterex 500 Triclorfom 500 Milenia	CS 500 CS 500	1,600 1,600

<sup>1</sup> Sem registro junto ao MAPA, para uso na cultura do girassol, à exceção de triclorfom.

tância de abelhas para a polinização da cultura (Butignol, 1990; Moreti et al., 1996), deve-se procurar ao máximo evitar a aplicação de inseticidas na fase de floração ou utilizar um produto que tenha menor impacto sobre esses insetos. No caso de ocorrência de lagartas durante a floração, pode-se utilizar inseticida biológico a base de *B. thuringiensis* ou inseticidas fisiológicos, os quais não afetam abelhas.

Corso & Gonçalves (1984b; 1984c) determinaram que o acefato e o diflubenzurom provocaram baixa mortalidade de abelhas, quando comparados com outros inseticidas. As formulações dos inseticidas também podem ter influência na toxicidade para abelhas, pois as formulações em pó molhável têm a tendência de ser mais tóxicas, seguidas pelos concentrados emulsionáveis e pelas soluções concentradas. As formulações granuladas e em forma de iscas apresentam menos riscos. As aplicações aéreas também podem ter maior impacto que as aplicações terrestres, pois a área é coberta mais rapidamente naquelas e pela deriva maior dificultando que as abelhas possam evitar serem contaminadas pelo produto. Outra forma de diminuir o impacto sobre as populações de abelhas é utilizar inseticidas de efeito residual curto e aplicar ao entardecer, quando a atividade desses insetos é menor. Soroka J. ([members.shaw.ca/dan-johnson/17hazards\\_bees.pdf](http://members.shaw.ca/dan-johnson/17hazards_bees.pdf)) classifica diversos inseticidas, de acordo com sua periculosidade para as abelhas, que pode servir de parâmetro para indicar inseticidas para a aplicação na cultura, durante o período de maior incidência desses insetos no girassol.

### **Controle de formigas**

Caso haja problemas com formigas, principalmente *Atta* spp. e *Acromyrmex* spp., elas devem ser controladas com inseticidas em forma de isca, que são carregadas para o interior dos formigueiros. Iscas à base de sulfluramida e fipronil têm sido utilizadas com eficiência em outras culturas, mas ainda não estão registradas para uso em girassol.

### **Controle de lesmas e caracóis**

As condições favoráveis para o ataque destes moluscos são períodos chuvosos e, principalmente, em áreas de semeadura direta. O controle é difícil; em alguns países, é recomendada a distribuição de iscas tóxicas, à base de metaldeído, na concentração de 3% a 6%, ou aplicação em forma líquida, a 20%. As aplicações devem ser realizadas à noite e, preferivelmente, em condições de elevada umidade. Mas esse modo de con-

trole pode ser inviável, economicamente, em áreas extensas de girassol. Para o controle de populações localizadas desses organismos, em soja, os agricultores têm realizado tratamentos com misturas de sal de cozinha (2%) mais uréia (6%) ou pulverizações com sulfato de cobre a 5%, aparentemente com resultados favoráveis, embora não haja informações disponíveis geradas por instituições de pesquisa. Essas práticas de controle de lesmas e caracóis, em girassol, necessitam de comprovação de sua eficiência, através de pesquisas detalhadas com essas pragas.

### **Tratamento de sementes**

O tratamento de semente com inseticidas (por exemplo, fipronil, imidacloprido etc.) tem demonstrado em alguns experimentos que pode ser interessante para o controle de algumas pragas, nas fases iniciais da cultura, em regiões ou áreas com histórico de problemas com insetos de solo, vaquinhas etc. ajudando a preservar o estande de plantas (I.C. Corso, Embrapa Soja, dados não publicados). Entretanto, há necessidade de maiores informações sob as condições específicas de incidência de insetos de solo, que demandem esse tipo de tratamento, sem que seja generalizado como prática de controle na cultura do girassol.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem a Alexandre Magno Brighenti, César de Castro e Jovenil José da Silva, por cederem várias das fotos que são apresentadas neste capítulo. Da mesma forma, os agradecimentos a Lenita J. Oliveira, pelas fotos do percevejo castanho e corós. Também, a Antonio R. Panizzi e Leo P. Ferreira, pela análise crítica do manuscrito.

### **Referências**

AGUIAR R.W.S.; SARMENTO, R.A.; DIDONET, J.; AGUIAR, R.A.S.S. Avaliação dos danos causados por *Xionysius major* (Heteroptera: Lygaeidae) em aquênios de girassol (*Helianthus annuus*). **Bioscience Journal**, v.18, n.2. p.25-29, 2002.

ARAGON, J.R. Manejo de insectos y otros organismos perjudiciales. In: DIAZ-ZORITA, M.; DUARTE, G.A. (Eds.). **Manual práctico para el cultivo de girasol**. Buenos Aires: Hemisfério Sur, 2002. p.127-141.

BOIÇA JR., BOLONHEZI, A.C.; PACCINI NETO, J. Levantamento de insetos pragas e seus inimigos naturais em girassol (*Helianthus annuus* L.), cultivada em primeira e segunda época, no município de Sevíria-MS. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.13, p.189-196, 1984.

BOIÇA JR.; VENDRAMIN, J.D. Infestação de girassol pela lagarta *Chlosyne lacinia saundersii* em duas épocas de cultivo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.50, n.2, p.244-253, 1993..

BUTIGNOL, C.A. Ocorrência de insetos em capítulos de girassol, em distintos horários e estádios de florescimento. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.19, n.2., p.273-280, 1990.

CAMARGO, A.J.A.; AMABILE, R.F. **Identificação das principais pragas do girassol na região Centro-Oeste**. Brasília: Embrapa Cerrados, 2001. 4p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 50).

CAMPOS-FARINHA, A.E.C; PINTO, N.P.O. Natural enemies of *Chlosyne lacinia saundersii* Doubl. & Hew. (Lepidoptera: Nymphalidae) em the state of São Paulo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.25, n.1, p.165-168, 1996.

CAMPOS-FARINHA, A.E.C; PINTO, N.P.O.; GOVONE, J.S. Estudo do comportamento e desenvolvimento de lagartas de *Chlosyne lacinia saundersii*, Doubleday & Hewitson (1849) (Lepidoptera: Nymphalidae), no ataque à uma planta de girassol (*Helianthus annuus* L.). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.64, n.2, p.143-147, 1997.

CASTRO, C.; CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A.; LEITE, R.M.V.B.C.; KARAM, D.; MELO, A.C.; GUEDES, L.C.A.; FARIAS, J.R.B. **A cultura do girassol**. Londrina: Embrapa/CNPSo, 1996. 38p. (Embrapa-CNPSo. Circular Técnica, 13).

CHARLET, L.D.; BREWER, G.J.; FRANZMANN, B.A. Sunflower insects. In: SCHNEITER, A.A. (Ed.) **Sunflower technology and production**. Madison: American Society of Agronomy, 1997. p.183-261.

CORSO, I.C. Teste de inseticidas para o controle de *Chlosyne lacinia saundersii* (Doubleday) Hewitson, 1849. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGRO-PECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Londrina, PR. **Resultados de pesquisa de girassol 1982**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1982. p.21-22.

CORSO, I.C. Teste de inseticidas para o controle de *Chlosyne lacinia saundersii* (Doubleday) Hewitson, 1849. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja, Londrina, PR. **Resultados de pesquisa de girassol 1983**. Londrina, 1983. p.9-12.

CORSO, I.C. Controle químico de pragas da soja e impacto de inseticidas sobre inimigos naturais. In: Embrapa Soja. **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja 2002: entomologia**. Londrina, 2003. p.16-22. (Embrapa Soja. Documentos, 212).

CORSO, I.C.; GONÇALVES, S.L. Testes de inseticidas para o controle de *Chlosyne lacinia saundersii* Doubleday e Hewitson, 1849. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Resultados de pesquisa de girassol 1984**. Londrina, 1984a. p.36,39-40.

CORSO, I.C.; GONÇALVES, S.L. Avaliação da toxidez de inseticidas químicos para *Apis mellifera* L. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Resultados de pesquisa de girassol 1984**. Londrina, 1984b. p.37-41.

CORSO, I.C.; GONÇALVES, S.L. Efeito de inseticidas sobre abelhas na cultura do girassol. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Resultados de pesquisa de girassol 1984**. Londrina, 1984c. p.38,42-43.

CORSO, I.C.; MOSCARDI, F. Teste de inseticidas para o controle da lagarta do girassol. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa da Soja. **Resultados de pesquisa de girassol 1981**. Londrina, 1981. p.19-21.

GALLO, D; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BAPTISTA, G.C. DE; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2002. p.535-536.

GARCIA, A. Evolução da cultura do girassol no Brasil. In: Modestina, C.J. (Ed.). **Manejo del cultivo, control de plagas y enfermedades del girassol**. IICA, Programa Cooperativo de Investigacion Agrícola del Cono Sur, Montevideu, 1988. p.19-21. Dialogo XXII.

JUSTUS, C.M., PASINI, A.; OLIVEIRA, E.D.M. Biologia e preferência da lagarta do girassol, *Chlosyne lacinia saundersii* (Lepidoptera: Nymphalidae) na planta daninha losna branca, *Parthenium hysterophorus* (Asteraceae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.32, n.1, p.163-166, 2003.

LOPES-DA-SILVA, M.; CASAGRANDE, M.M. Color polymorphism and allele frequency in a brazilian population of the sunflower caterpillar *Chlosyne lacinia saundersii* (Doubleday) (Lepidoptera: Nymphalidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.32, n.1, p.159-161, 2003.

LOURENÇÃO, A.L.; UNGARO, M.R.G. Preferência para alimentação de lagartas de *Chlosyne lacinia saundersii* Doubleday & Hewitson, 1849 em cultivares de girassol. **Bragantia**, Campinas, v.42, p.281-286, 1983.

LUCIANO, A.; DAVREUX, M. **Producción de girasol en Argentina**. Buenos Aires: INTA, 1967. p.42-50. (Est. Exp. Pergamino. Publ. Tec., 37).

MALAGUIDO, A.B.; PANIZZI, A.R. Pentatomofauna associated with sunflower in Northern Paraná State, Brazil. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.27, p.473-474, 1998a.

MALAGUIDO, A.B.; PANIZZI, A.R. Danos de *Euschistus heros* (Fabr.) (Hemiptera: Pentatomidae) em aquênios de girassol. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.27, p.535-541, 1998b.

MALAGUIDO, A.B.; PANIZZI, A.R. Nymph and adult biology of *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) and its abundance related to planting date and phenological stages of sunflower. **Annals of the Entomological Society of America**, v.92, n.3, p.424-429, 1999.

MALAGUIDO, A.B.; SILVA, J.J.; VIEIRA, O.V.; PANIZZI, A.R. Damage by the neotropical Brown sting bug, *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) to sunflower in Brazil. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 15, 2000, Toulouse. **Proceedings...**Toulouse, 2000. p.H41-H45.

MARANHÃO, Z.C. *Chlosyne lacinia saundersii*, praga do girassol. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.20, n.5-6, p.199, 1945.

MARODIM, V.S.; COSTA, E.C.; THUM, A.B.; OHSE, S. O plantio direto e sua influência na população faunística nas culturas de *Oryza sativa* e *Zea mays*. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v.5/6, n.1, p.83-88, 1998/99.

MONTEIRO, R.C.; MOUND, L.A.; ZUCCHI, R.A. Espécies de *Frankliniella* (Thysanoptera: Thripidae) de importância agrícola no Brasil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.1, p.65-72, 2001.

MORETI, A.C. DE C.C.; SILVA, R.B.M. DA; ALVES, M.L.T.M.F.; OTSUK, I.P. Aumento na produção de sementes de girassol (*Helianthus annuus*) pela ação de insetos polinizadores. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.53, n.2/3, p.280-284, 1996.

MOSCARDI, F. Plantas hospedeiras da lagarta do girassol, *Chlosyne lacinia saundersii*, no Estado do Paraná. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Resultados de pesquisa de girassol 1982**. Londrina, 1982. p.25-26.

MOSCARDI, F.; CORSO, I.C. Pragas do girassol no Brasil. In: Modestina, C.J. (Ed.). **Manejo del cultivo, control de plagas y enfermedades del girasol**. IICA, Programa Cooperativo de Investigacion Agrícola del Cono Sur, Montevideo, 1988, Dialogo XXII, p.35-38.

MOSCARDI, F.; VILLAS BOAS, G.L.; CORRÊA-FEREIRA, B.S. Ocorrência de parasitas da lagarta do girassol, *Chlosyne lacinia saundersii*. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Resultados de pesquisa de girassol 1982**. Londrina, 1982. p.27-28, 34-35.

MOSCARDI, F.; VILLAS BOAS, G.L. Influência da desfolha artificial, em quatro diferentes estádios fenológicos da planta, sobre o rendimento e outras características do girassol. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Resultados de pesquisa de girassol 1983**. Londrina, 1983. p.17, 22-26.

OLIVEIRA, L.J.; OLIVEIRA, M.C.N. Alimentação e oviposição de *Phyllophaga cuyabana* em girassol e outros hospedeiros. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 12, 1997, Campinas. **Resumos...** Campinas: Fundação Cargill, 1997. p.62-63.

PANIZZI, A.R; MACHADO-NETO, E. Development of nymphs and feeding habits of nymphal and adult *Edessa meditabunda* (Heteroptera: Pentatomidae) on soybean and sunflower. **Annals of the Entomological Society of America**, v.85, n.2, p.477-481, 1992.

PARO JR., L.A.; NAKANO, O. Dano simulado para a lagarta do girassol, *Chlosyne lacinia saundersii* Doubleday & Hewitson, 1819 (Lepidoptera: Nymphalidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.5, n.2, p.216-234, 1976.

SILVA, M.T.B. DA; COSTA, E.C. Nível de controle de *Diloboderus abderus* em aveia preta, linho, milho e girassol. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p.7-12, 2002.

SILVA, A.G.A.; GONÇALVES, C.R.; GALVÃO, D.M.; GONÇALVES, A.J.L.; GOMES, J.; SILVA, M.N.; DE SIMONI, L. **Quarto Catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil: seus parasitos e predadores**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura. Departamento de Defesa e Inspeção Agropecuária, 1968. pt. II, t. 622 p.

UNGARO, M.R.G. Recomendações técnicas para o cultivo do girassol. **Correio Agrícola Bayer**, São Paulo, v.2, p.314-319, 1981.

VENDRAMIN, J.D.; BOIÇA JR, A.L. Efeito de cultivares de girassol sobre o desenvolvimento e a preferência para alimentação de *Chlosyne lacinia saundersii* Doubl. & Hew. (Lepidoptera: Nymphalidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.23, n.1, p.81-86, 1994.

VILLAS BOAS, G.L.; MOSCARDI, F.; CORRÊA-FERREIRA, B.S. Levantamento de insetos-pragas do girassol e seus inimigos naturais. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pes-

quisa de Soja. **Resultados de pesquisa de girassol 1981**. Londrina, 1981. p.15-18.

VILLAS BOAS, G.L.; MOSCARDI, F.; KOGA, N.Y. Levantamento de insetos-pragas do girassol e seus inimigos naturais. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Resultados de pesquisa de girassol 1983**. Londrina, 1983. p.16-21.

YUKI, V.A. Mosca branca: histórico dos surtos e medidas de controle como praga e vetora de vírus. **O Agrônomo**, Campinas, v.53, n.1, p.22-25, 2001.

**Introdução**

A expansão da cultura do girassol pode ser prejudicada, entre outros fatores, pela presença de doenças causadas por vírus, bactérias, fungos e nematóides. O girassol é hospedeiro de mais de três dezenas de microrganismos fitopatogênicos, a maioria fungos, que podem, dependendo de condições climáticas que favoreçam a ocorrência e o processo infectivo dos patógenos, levar à redução significativa da produção e qualidade do produto (Zimmer & Hoes, 1978; Gulya et al., 1997).

Estima-se que as doenças são responsáveis por uma perda anual média de 12% da produção de girassol no mundo (Zimmer & Hoes, 1978), sendo este o fator mais limitante para a cultura na maioria das regiões produtoras. No Brasil, não há dados exatos sobre as perdas na produção provocadas pelas doenças, mas sabe-se que podem alcançar 100%, dependendo das condições climáticas. No Estado do Paraná, por exemplo, as doenças foram consideradas um dos principais fatores responsáveis pelo declínio da produção de girassol na década de 80, com a redução da área cultivada de aproximadamente 80.000 ha, em 1981, para cerca de 5.000 ha, em 1984 (Yorinori et al., 1985).

Várias doenças são relatadas afetando a cultura do girassol no Brasil: mosaico, mancha e crestamento bacterianos, podridão da medula da haste, mancha de *Alternaria*, podridão branca, míldio, ferrugem, bolha branca, oídio, mancha cinzenta da haste, mancha preta da haste, tombamento e podridões radiculares e podridões de capítulo (EMBRAPA-CNPSO, 1983; Yorinori et al., 1985). Algumas têm importância significativa, sendo a mancha de *Alternaria* e a podridão branca as mais severas (EMBRAPA-CNPSO, 1983). A mancha de *Alternaria* parece ser a doença predominante em todas as épocas de semeadura, nas diferentes regiões de cultivo. A podridão branca do capítulo ocorre, principalmente, em condições de temperatura amena e alta umidade, o que praticamente inviabiliza o cultivo de girassol como cultura comercial, no período de outono na Região Sul do País (Leite, 1997).

## **Mancha de Alternaria - *Alternaria* spp.**

Em áreas de clima subtropical úmido, condição predominante nas regiões de cultivo de girassol no Brasil, a mancha de *Alternaria* é uma das principais doenças, ocorrendo em, praticamente, todas as regiões e em todas as épocas de semeadura. Os danos causados pela doença podem ser atribuídos à diminuição da área fotossintética da planta (Leite et al., 2005), devido à morte de células e necroses foliares e à desfolha precoce. Plantas severamente atacadas apresentam a maturação antecipada, com diminuição da produção e do peso das sementes. Além do Brasil (Aquino et al., 1971; Ribeiro et al., 1974), a doença ocorre em países da América do Norte e da África, Argentina, Índia, Japão, Austrália, Sérvia e Montenegro (ex-Iugoslávia), Romênia e França (Anahosur, 1978; Zimmer & Hoes, 1978; Davet et al., 1991; Pereyra & Escande, 1994).

**Sintomas** - Os sintomas iniciais típicos nas folhas são pequenas pontuações necróticas com cerca de 3 a 5 mm de diâmetro, de coloração variável de castanho a negra, de formato arredondado a angular, com halo clorótico (Fig. 1). As lesões características apresentam círculos concêntricos, semelhantes a um alvo. Essas lesões podem coalescer, formando áreas extensas de tecido necrosado, provocando a desfolha precoce das plantas. Os sintomas manifestam-se primeiramente nas folhas mais baixas, aparecendo, posteriormente, em toda a planta. Entretanto, pode ocorrer infecção generalizada das folhas, independentemente de sua posição na plan-



**Fig. 1.** Mancha de *Alternaria* em folha de girassol.

ta. Na haste e nos pecíolos, as lesões iniciam-se em pequenos pontos ou riscas e, quando numerosas, formam grandes áreas necróticas, podendo tomar toda a haste (Fig. 2). Em condições de ataque severo, a doença provoca crestamento total (Fig. 3) e, finalmente, morte da planta. A quebra de hastes também é comum. Em plântulas, o fungo pode ocasionar queima dos tecidos em desenvolvimento. O fungo também coloniza brácteas e o receptáculo floral (Fig. 2), podendo, inclusive, causar podridão de capítulo (Anahosur, 1978; Almeida et al., 1981; Davet et al., 1991).

**Etiologia** - Várias espécies de *Alternaria* causam sintomas semelhantes em plantas de girassol. Três espécies do fungo são relatadas como patogênicas ao girassol no Brasil: *A. helianthi*



**Fig. 2.** Mancha de *Alternaria* na haste e no capítulo de girassol.



**Fig. 3.** Crestamento das plantas de girassol causado por *Alternaria helianthi*.

(Hansf.) Tubaki & Nishihara (sin. *Helminthosporium helianthi* Hansf.), *A. zinniae* Ellis e *A. alternata* (Fr.) Keissler (sin. *A. tenuis* Nees), sendo a primeira a mais comumente encontrada.

Os conídios de *A. helianthi*, de formato cilíndrico a elipsoidal e coloridos, não possuem cauda e são formados isoladamente em conidióforos cilíndricos e solitários. Em média, possuem cinco septos transversais e dimensão de 74 x 19 µm. Septos longitudinais são menos comuns em conídios formados no hospedeiro do que nos produzidos em meio de cultura. O micélio é marrom-oliváceo, septado, liso, ramificado e coloniza os espaços intercelulares das células do mesófilo. O fungo cresce lentamente e esporula bem em meio de batata-dextrose-ágar, formando colônias acinzentadas. *A. helianthi* é também patogênico ao crisântemo e a todas espécies anuais e perenes de *Helianthus*. Não há relatos de especialização fisiológica dos fungos causadores de mancha de *Alternaria* em girassol (Anahosur, 1978; Gulya et al., 1997).

*A. zinniae* produz conídios de dimensões de 36,6 a 236,4 x 8 a 22 µm, incluindo a cauda. A cauda filamentosa pode medir, sozinha, 146 µm, característica esta que distingue *A. zinniae* de outras espécies de *Alternaria* patogênicas ao girassol. O micélio imerso no tecido do hospedeiro é septado, ramificado, incolor ou marrom-pálido. As colônias em meio de cultura são marrom-acinzentadas, com setores de micélio aéreo não-esporulante (David, 1991).

*A. alternata* possui conídios piriformes e de coloração marrom a marrom-amarelada. Dois ou três conídios são formados juntos, em cadeia. Possuem três a sete septos transversais e um a três septos longitudinais. Os esporos produzidos em cultura medem de 16 a 60 x 9 a 13 µm (Zimmer & Hoes, 1978).

O fungo pode ser transmitido pela semente, sendo constatada sua presença internamente e no tegumento ou em fragmentos de planta presentes no lote, onde pode permanecer viável por muitos anos (Godoy & Fernandes, 1985a). Entretanto, a principal fonte de inóculo primário é constituída por restos de cultura infectados com o fungo (Davet et al., 1991). Em condições favoráveis, o fungo produz grande quantidade de conídios e, em pouco tempo, através do transporte dos conídios pelo vento e pela chuva, pode se alastrar para outras partes da planta ou para outras plantas. As condições ótimas para a germinação de conídios de *Alternaria* spp. são alta umidade relativa e temperatura entre 25°C a 30°C. Os tubos germinativos penetram diretamente através da cutícula e da epiderme (Davet et al., 1991). Existem relatos de que a presença de pólen, que cai

das flores sobre as folhas, estimula a germinação dos conídios (Pereyra & Escande, 1994). O fungo apresenta elevada capacidade patogênica, sob condições favoráveis. As condições ótimas para a infecção de *A. helianthi* são duração do período de molhamento foliar de 24 h e temperatura de 25°C (Leite & Amorim, 2002). As plantas de girassol são suscetíveis durante todos os estádios de desenvolvimento, com uma fase de maior suscetibilidade desde o surgimento das anteras até o enchimento de grãos (Anahosur, 1978; Davet et al., 1991). A doença avança rapidamente das folhas mais baixas para as folhas do ponteiro. As infecções mais severas ocorrem em estádios mais adiantados de desenvolvimento, após o florescimento (Allen et al., 1983; Godoy & Fernandes, 1985b; Pereyra & Escande, 1994).

**Controle** - A resistência genética é quantitativa, baseada em grau ou intensidade de infecção do fungo. Estudos realizados no Paraná, em condições de infecção natural, demonstraram que todos os genótipos avaliados foram suscetíveis a *A. helianthi*, com diferentes níveis de resistência (Leite et al., 1999). Assim, como é uma característica altamente desejável, os programas de melhoramento genético de girassol no Brasil devem ser direcionados para maior resistência à doença. Certas espécies de *Helianthus*, como *H. hirsutus*, *H. rigidus* e *H. tuberosus*, além de *H. annuus* selvagem, apresentam resistência a *A. helianthi* (Lipps & Herr, 1986; Davet et al., 1991). A hibridização interespecífica poderá permitir a incorporação de genes de resistência nos genótipos cultivados (Davet et al., 1991).

A sobrevivência das espécies de *Alternaria* que afetam o girassol nos restos de cultura indica medidas de controle profiláticas. O girassol deve ser incluído dentro de um sistema de rotação de culturas, retornando na mesma área somente após, pelo menos, quatro anos (Seção 14 - Semeadura e manejo da cultura do girassol). A destruição ou a incorporação de restos de cultura infectados é recomendada para limitar a esporulação do fungo e a quantidade de inóculo primário (Davet et al., 1991).

Uma medida fundamental para minimizar a severidade da mancha de *Alternaria* é a escolha da época de semeadura da cultura. A semeadura deve ser realizada em uma época que permita satisfazer as exigências da planta, nas diferentes fases de desenvolvimento, e que desfavoreça a ocorrência de epifitias. A época indicada para a semeadura do girassol varia de acordo com as diferentes regiões climáticas (Seção 14 - Semeadura e manejo da cultura do girassol). Para minimizar a ocorrência da doença, deve-se evitar implantar a cultura em épocas em que o florescimento coincida com períodos de chuva intensa.

A correção do pH do solo é desejável, bem como a manutenção da fertilidade em níveis adequados para o bom desenvolvimento da planta de girassol. A correção e as adubações devem ser sempre feitas com base em análises de solo (Castro et al., 1996). Deve-se evitar adubações excessivas, especialmente de nitrogênio, que, além de significar desperdício, podem tornar o girassol mais suscetível às doenças.

Outra medida importante é a utilização de densidade de semeadura em torno de 40.000 a 45.000 plantas ha<sup>-1</sup> (Seção 14 - Semeadura e manejo da cultura do girassol), uma vez que cultivos muito adensados formam microclima mais favorável para a doença.

O controle químico com aplicação de fungicidas na parte aérea não é preconizado, devido à impossibilidade da entrada de máquinas convencionais na lavoura, tendo em vista o porte elevado das plantas. Fungicidas como benomyl, imazalil, iprodione, iprodione + mancozeb, procymidone e vinclozolin foram eficientes no controle da doença em outros países, com aumentos consideráveis de rendimento, do peso de aquênios e do teor de óleo (Pereyra & Escande, 1994; Gulya et al., 1997). Entretanto, atualmente, no Brasil, não há fungicidas registrados para uso em girassol, o que inviabiliza a sua recomendação.

### **Podridão branca - *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary**

Este fungo é considerado o patógeno mais importante para o girassol no mundo e está distribuído em todas as regiões produtoras, sejam elas temperadas, tropicais ou subtropicais (Gulya et al., 1997).

As perdas causadas por *S. sclerotiorum* dependem da parte da planta afetada pelo fungo, que pode infectar a raiz e o colo da planta, a haste ou o capítulo. As perdas atribuídas à podridão basal dependem da idade da planta no início da infecção. Como *S. sclerotiorum* mata rapidamente as plantas infectadas na fase de plântula, ocorrem falhas no estande. Quando a infecção acontece em estádios de desenvolvimento mais avançados, a ocorrência de murcha afeta seriamente a produção e a qualidade das sementes, que apresentam menor peso. As perdas associadas à podridão de capítulo afetam diretamente a produção, com redução no número de sementes por capítulo, no peso de sementes e na concentração de óleo. A qualidade do óleo extraído de sementes infectadas pelo fungo é inferior, devido ao aumento da concentração de ácidos graxos livres. A podridão branca pode causar a queda de sementes do capítulo ou do próprio capí-

tulo, quando a infecção ocorre no receptáculo floral, resultando em perda total da produção (Zimmer & Hoes, 1978; Davet et al., 1991; Masirevic & Gulya, 1992; Pereyra & Escande, 1994). No Estado do Paraná, em cultivos de girassol após a colheita da safra de verão, a incidência da doença na haste e no capítulo foi alta (17,6% a 100,0%), nas regiões de clima frio no inverno, nos anos de 1996 a 1998 (Leite et al., 2000). Perdas indiretas ocorrem devido à contaminação de lotes de sementes com escleródios, freqüentemente de mesmo tamanho, forma e peso específico dessas, o que dificulta sua remoção na operação de limpeza. Além desses prejuízos, o fungo persiste durante muitos anos no solo, representando um perigo potencial permanente para o girassol (Zimmer & Hoes, 1978; Davet et al., 1991; Masirevic & Gulya, 1992; Pereyra & Escande, 1994).

**Sintomas** - *S. sclerotiorum* pode produzir três sintomas diferentes em girassol, dependendo do órgão da planta afetado (Zimmer & Hoes, 1978; Almeida et al., 1981; Davet et al., 1991; Masirevic & Gulya, 1992; Pereyra & Escande, 1994; Gulya et al., 1997).

A podridão basal pode ocorrer desde o estágio de plântula até a maturação. Em plântulas, a infecção é menos freqüente e muitas vezes desprezada, pois as plantas morrem rapidamente e o processo não resulta em disseminação para outras plantas. A infecção é principalmente observada próximo à floração. Plantas doentes aparecem isoladas na linha. Logo após, um grupo de duas ou mais plantas tornam-se infectadas, até que, próximo à maturação, podem ser observadas grandes reboleiras nos campos de cultivo. A podridão é iniciada quando o micélio do fungo, originário de escleródios existentes no solo, entra em contato com as raízes laterais. O primeiro sintoma observado é uma murcha súbita da planta sem lesões foliares. A planta infectada pode recuperar a turgidez à noite ou após uma chuva, mas, em poucos dias, este sintoma torna-se irreversível. Uma lesão marrom-clara, mole e encharcada aparece na haste, ao nível do solo (Fig. 4). Essa lesão pode atingir até 50 cm



**Fig. 4.** Podridão basal da planta de girassol causada por *Sclerotinia sclerotiorum*.

Fonte: Les Maladies (1992)

de comprimento, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta por ocasião da infecção e, normalmente, circunda a haste. Se houver umidade elevada, a lesão pode ser coberta por micélio branco. Plantas infectadas no final do ciclo podem não murchar. O fungo também desenvolve-se internamente e destrói os tecidos internos da haste. Muitos escleródios são encontrados dentro da porção colonizada na haste, porém poucos são encontrados na raiz e na área externa. Plantas afetadas acamam facilmente.

A podridão na porção mediana da haste ocorre em plantas a partir do final do estágio vegetativo até a maturação. A infecção ocorre em folhas feridas e prossegue em direção ao pecíolo, terminando na haste, freqüentemente na metade superior. A aparência da lesão é semelhante àquela da podridão basal (Fig. 5), diferenciando apenas no modo de infecção. É mais visível em hastes maduras, já que o tecido afetado parece mais claro do que a coloração marrom normal da maturação fisiológica. Um micélio branco pode cobrir a lesão e escleródios são observados dentro e, em menor quantidade, fora da haste (Fig. 6). As plantas podem quebrar no ponto da lesão.



**Fig. 5.** Podridão da haste de girassol causada por *Sclerotinia sclerotiorum*.

Fonte: Les Maladies (1992)



**Fig. 6.** Escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* no interior da haste de girassol.

A podridão do capítulo ocorre no final da floração ou mais tarde. A infecção pode começar em qualquer parte do receptáculo. Os sintomas iniciais caracterizam-se por lesões escuras e encharcadas no lado dorsal do capítulo, com micélio branco cobrindo porções dos tecidos (Fig. 7). Eventualmente, o fungo destrói o interior do capítulo, deixando apenas os elementos vasculares intactos. Escleródios, em grande número e de forma irregular, são encontrados no interior do capítulo. No final, ocorre a completa desintegração do capítulo, que permanece com os elementos vasculares fibrosos expostos, semelhante a uma vassoura (Fig. 8). Massas de aquênios e escleródios geralmente caem na base da planta (Fig. 9).



**Fig. 7.** Podridão branca do capítulo de girassol causada por *Sclerotinia sclerotiorum*.



**Fig. 8.** Destruição total do capítulo de girassol causada por *Sclerotinia sclerotiorum*.



**Fig. 9.** Apotécios formados a partir de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* existentes na camada superficial de solo.

**Etiologia** - *Sclerotinia sclerotiorum* (sin. *Sclerotinia libertiana* Fuckel e *Whetzelinia sclerotiorum* (Lib.) Korf & Dumont) forma micélio e escleródios na fase assexual e ascos com ascósporos na fase sexual. Microconídios são produzidos em culturas senescentes em laboratório, podem ser funcionais para a reprodução assexual, mas seu papel na biologia do patógeno não é conhecido. O micélio é composto por hifas hialinas multicelulares de 6,5 a 7 mm de diâmetro (Mordue & Holliday, 1976).

O escleródio forma-se a partir da anastomose de um grande número de hifas em um corpo duro e compacto, de formato variável, podendo atingir vários centímetros de comprimento. O escleródio maduro é formado por uma casca pigmentada, uma camada fina de células pseudoparenquimatosas e uma medula de tecido prosenquimatoso. Ocorrem duas formas de germinação do escleródio: uma miceliogênica, formando somente hifas, e outra carpogênica, produzindo apotécios (Masirevic & Gulya, 1992; Gulya et al., 1997).

O apotécio é uma estrutura plana ou em forma de taça que produz os esporos sexuais de *S. sclerotiorum*. Podem ser formados muitos apotécios a partir de um único escleródio. Os apotécios são de coloração marrom clara e têm de 4 a 10 mm de diâmetro. Solos úmidos por um longo período e luz são essenciais para a formação de apotécios. A parte superior do apotécio contém uma camada himenial com ascos e muitas paráfises. Os ascos são cilíndricos e alargados no ápice e variam de 130 a 163 µm de comprimento e 8 a 10 µm de largura (Mordue & Holliday, 1976; Zimmer & Hoes, 1978; Davet et al., 1991; Masirevic & Gulya, 1992; Gulya et al., 1997).

*S. sclerotiorum* é um fungo polífago, tendo como hospedeiros plantas de 75 famílias, 278 gêneros, 408 espécies e 42 subespécies ou variedades. Com exceção de uma espécie do filo Pteridophyta, todos os hospedeiros de *S. sclerotiorum* pertencem aos filios Gymnospermae e Angiospermae (Boland & Hall, 1994). Não há relatos de especialização fisiológica do fungo (Mordue & Holliday, 1976; Gulya et al., 1997).

O escleródio começa e termina o ciclo de vida de *S. sclerotiorum* (Zimmer & Hoes, 1978). A germinação miceliogênica do escleródio causa a infecção de tecidos da base da planta, produzindo podridão de raízes, podridão basal do caule e murcha das plantas. O papel atrativo dos exsudatos radiculares é provável, apesar de não estar claramente demonstrado (Davet et al., 1991). As hifas penetram nos tecidos através de ferimentos, estômatos ou pela cutícula, invadem os espaços intercelulares e, finalmente, atingem o interior das células. O fungo provoca lesões visíveis na base do caule e murcha da parte aérea, devido à obstrução dos vasos condutores (Pereyra & Escande, 1994). Contaminações secundárias são possíveis atra-

vés do contato direto dos tecidos doentes com os tecidos sadios das plantas vizinhas (Davet et al., 1991). Na germinação carpogênica, os apotécios formados a partir de escleródios existentes na camada superficial de solo emergem na superfície e liberam os ascosporos. Em condições de alta umidade relativa, acima de 70%, um apotécio maduro pode produzir até  $2 \times 10^8$  ascosporos por um período de várias semanas. Os ascosporos são liberados em temperaturas de 3°C a 22°C, com maior intensidade entre 19°C e 20°C. Temperaturas superiores a 25°C e umidade relativa abaixo de 35% são limitantes para a sobrevivência dos ascosporos. Os ascosporos germinam em condições favoráveis e infectam o hospedeiro, causando, principalmente, podridão da haste e podridão do capítulo. A contaminação do capítulo só é possível quando os órgãos florais estão cobertos por água livre por um período mínimo de 42 horas. A colonização ocorre através das flores tubulares. A suscetibilidade do capítulo à infecção é maior no período compreendido entre a floração inicial e até duas semanas após o florescimento. Após um período de latência de 15 a 40 dias, o fungo invade o parênquima do capítulo e provoca o apodrecimento dos tecidos. O micélio desenvolve-se sobre um substrato formado por tecidos mortos ou senescentes ou no interior da cavidade do capítulo. A temperatura ótima para o desenvolvimento do micélio situa-se entre 18° C e 25°C. Os escleródios produzidos dentro e na superfície dos tecidos colonizados retornam ao solo com os resíduos da cultura e são responsáveis pela conservação do fungo (Zimmer & Hoes, 1978; Davet et al., 1991; Gulya et al., 1997). Os escleródios podem permanecer no solo por muitos anos, conservando intacto seu poder patogênico (Pereyra & Escande, 1994). As sementes são importantes veículos de disseminação de *S. sclerotiorum*, através de escleródios misturados a elas ou de micélio existente nos tecidos internos (Mordue & Holliday, 1976; Zimmer & Hoes, 1978).

**Controle** - O controle da podridão branca é dificultado devido à permanência de escleródios viáveis por um longo tempo no solo, ao fato de que os ascosporos que produzem a infecção aérea podem ser provenientes de escleródios existentes a longas distâncias, à falta de controle químico eficaz e à alta suscetibilidade dos genótipos de girassol cultivados (Pereyra & Escande, 1994; Gulya et al., 1997). Assim, o controle mais efetivo baseia-se num programa integrado de medidas, que incluem diversas práticas culturais.

Medidas de exclusão foram adotadas, a partir de 1984, para prevenir a introdução do fungo através de semente contaminada proveniente de outros países. Uma portaria do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abaste-

cimento estabeleceu a importação de material propagativo de girassol somente de áreas de produção livres de *S. sclerotiorum*.

A resistência genética à podridão basal e à podridão do capítulo tem sido estudada em vários países. Esforços têm sido empreendidos em programas de melhoramento de todo o mundo visando encontrar resistência ao patógeno, mas poucos avanços foram obtidos (Zimmer & Hoes, 1978; Gulya et al., 1997). Todos os trabalhos indicam a falta de imunidade do girassol cultivado e de outras espécies selvagens, semelhante ao que se observa em todas as espécies de plantas que são afetadas por *S. sclerotiorum* (Gulya et al., 1997). A resistência do girassol à *S. sclerotiorum* é parcial e comandada por múltiplos genes. O comportamento do mesmo genótipo pode diferir, dependendo do modo de ataque do fungo, ou seja, um genótipo pode apresentar um nível de resistência elevado para a podridão basal e ser muito sensível à podridão do capítulo. Além disso, os genes que se expressam em uma fase de desenvolvimento da planta podem ser ineficazes em outro estágio (Davet et al., 1991). Espécies selvagens de *Helianthus*, como *H. resinosus*, *H. debilis*, *H. lenticularis* e *H. petiolaris*, apresentam genes de elevada resistência (Zimmer & Hoes, 1978; Davet et al., 1991). Há relatos de variação de comportamento entre cultivares para a incidência de podridão do capítulo, mas, aparentemente, essas diferenças estão relacionadas à maior altura das plantas, que proporcionaria condições menos propícias para a infecção pelo fungo (Zimmer & Hoes, 1978). Finalmente, não existem híbridos ou variedades comerciais que possuam nível de resistência adequado para cultivo em condições favoráveis à doença (Masirevic & Gulya, 1992).

A rotação de culturas é um método bastante indicado para o controle de *S. sclerotiorum*. Rotação de três a cinco anos com culturas não hospedeiras reduzem o número de escleródios no solo e minimizam o impacto de infecções radiculares no girassol (Gulya et al., 1997). A intercalação com culturas resistentes a esse fungo, como as gramíneas, serve para dar tempo para a degradação natural dos escleródios por meio de seus inimigos naturais. Devido à suscetibilidade a *S. sclerotiorum*, deve-se evitar o cultivo em sucessão com soja, canola, ervilha, feijão, alfafa, fumo, tomate e batata, entre outras culturas. É recomendado manter o cultivo livre de plantas daninhas, que podem ser hospedeiras alternativas de *S. sclerotiorum*. Uma recomendação óbvia, mas muito importante, é evitar a utilização de sementes com escleródios, que, uma vez depositados no sulco de semeadura, poderão favorecer a infecção basal (Pereyra & Escande, 1994).

Uma medida fundamental para prevenir a ocorrência da podridão branca é reduzir ao máximo os períodos de alta umidade e baixa temperatura na

cultura. Para isso, a escolha da época de semeadura é fundamental (Seção 14 - Semeadura e manejo da cultura do girassol). Para reduzir as chances de ocorrência de podridão de capítulos, é imperativo evitar a época de semeadura que resulte em florescimento em períodos de baixas temperaturas, como ocorre no outono-inverno, na Região Sul do Brasil. No Paraná, o cultivo de girassol, após a colheita da safra de verão, está limitado a regiões onde não ocorram baixas temperaturas e chuvas no outono-inverno; nessa condição, a época de semeadura não deve ultrapassar meados de março e deve-se optar por genótipos de ciclo precoce (100 dias entre a emergência e a colheita), para evitar baixas temperaturas no final do ciclo (Leite et al., 2000).

Outras práticas culturais são importantes para minimizar os problemas causados por *S. sclerotiorum*. O isolamento espacial é uma medida eficiente na redução da ocorrência da infecção aérea por ascósporos. Geralmente, recomenda-se escolher áreas pelo menos 1 km distantes de lavouras infectadas com *S. sclerotiorum* no ano anterior (Masirevic & Gulya, 1992). Em lavouras irrigadas sob pivô central, deve-se diminuir ao máximo o número de irrigações na fase de maior suscetibilidade do capítulo à infecção (Davet et al., 1991). É conveniente escolher menores densidades de semeadura e espaçamentos maiores, de modo a permitir uma adequada aeração das plantas e diminuir as chances de contato de plantas doentes com plantas adjacentes (Zimmer & Hoes, 1978). Deve-se evitar adubações excessivas de nitrogênio, o que pode tornar os tecidos mais suculentos e, conseqüentemente, mais suscetíveis ao fungo (Masirevic & Gulya, 1992; Gulya et al., 1997).

O controle químico da podridão do capítulo não tem se mostrado eficiente por diversas razões. Para o girassol, não existem produtos com eficiência sistêmica (Davet et al., 1991). Também, os produtos são rapidamente degradados por fenômenos físico-químicos. O período de duração da floração e, conseqüentemente, da suscetibilidade do capítulo à infecção, exige dois ou três tratamentos preventivos com fungicidas de contato. Além disso, a penetração dos produtos nos órgãos florais é bastante difícil (Davet et al., 1991) e o fungicida precisa ser aplicado na face do capítulo para ser eficiente (Masirevic & Gulya, 1992).

### **Míldio - *Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl. & de Toni**

O míldio é uma das principais doenças do girassol no mundo, por ser potencialmente muito destrutivo. Apesar de ser originário da América do Nor-

te, com a movimentação do girassol ao redor do mundo, o fungo é atualmente endêmico em todos os locais onde o girassol é cultivado (Gulya et al., 1997). A maioria dos países tem regulamentações específicas para evitar a introdução ou a dispersão do patógeno (Pereyra & Escande, 1994), inclusive o Brasil, onde é considerado objeto de quarentena categoria "A1". No Brasil, foi constatado pela primeira vez em 1982, nos municípios de Santo Augusto e Veranópolis, RS e, posteriormente, em 1983, em Londrina, PR. A doença foi verificada em parcelas experimentais e todas as plantas dos experimentos foram imediatamente erradicadas e queimadas (Ferreira et al., 1983; Henning & França Neto, 1985). Recentemente, plantas com sintomas de míldio foram observadas em condições experimentais, em Londrina, PR, nos anos de 1998, 2001 e 2002, as quais foram novamente erradicadas (Leite et al., 2003). Os danos causados pelo míldio podem decorrer da morte precoce das plantas, da diminuição do tamanho dos capítulos, da diminuição do teor de óleo, da contaminação das sementes ou, finalmente, da perda total da produção (Pereyra & Escande, 1994; Gulya et al., 1997).

**Sintomas** - Esta doença pode apresentar diferentes tipos de sintomas, dependendo da quantidade de inóculo, da idade da planta, da reação do genótipo e das condições de umidade e temperatura (Zimmer & Hoes, 1978; Almeida et al., 1981; Davet et al., 1991; Pereyra & Escande, 1994; Gulya et al., 1997; Tourvieille de Labrouhe et al., 2000).

O tombamento resulta da infecção do sistema radicular das plantas nos estádios iniciais de desenvolvimento, sob condições de temperatura amena e alta umidade. Esse sintoma manifesta-se devido à presença de inóculo primário no solo, podendo afetar as plântulas antes ou logo após a emergência, com redução do estande.

Plantas com infecção sistêmica apresentam crescimento lento ou nanismo, com folhas cloróticas e anormalmente grossas, hastes quebradiças com capítulos eretos e, geralmente, estéreis. O sintoma inicial é o amarelecimento do primeiro par de folhas verdadeiras, quase sempre na base das folhas ou ao longo da nervura central. Com o desenvolvimento da planta, o fungo alastra-se, aumentando as áreas cloróticas. Essa clorose também aparece nas folhas que crescem sucessivamente. Por ocasião do florescimento, plantas infectadas sistemicamente apresentam altura de 0,1 a 1,0 m e não acompanham o movimento do sol, enquanto que plantas sadias possuem 1,5 a 1,8 m (Fig. 10). Em condições de alta umidade e temperatura amena, há formação de estruturas branco-acinzentadas, compostas de conidióforos e conídios, na face inferior das folhas cloróticas (Fig. 11).

A infecção localizada pode ser observada nas folhas jovens, inicialmente



**Fig. 10.** Míldio em planta de girassol.



**Fig. 11.** Estruturas de *Plasmopara halstedii* na face inferior da folha de girassol.

Fonte: Les Maladies (1992)

como manchas angulares, pequenas, verde-amareladas, distribuídas ao acaso no limbo foliar. Essas manchas podem aumentar de tamanho, coalescer e tomar grande parte da folha. Estruturas do fungo podem ser vistas na face inferior da folha correspondente às lesões, persistindo, por algum tempo, em condições de alta umidade relativa e desaparecendo rapidamente em condições de seca.

Quando o fungo afeta o sistema radicular, causa a galha basal. Caracteriza-se pela redução do número de raízes secundárias, que se apresentam descoloridas, rugosas e hipertrofiadas, aumentando a sensibilidade da planta à seca.

**Etiologia** - O agente causal do míldio é o fungo *Plasmopara halstedii*. É um parasita obrigatório e sistêmico, que produz micélio intercelular com haustórios globulares e esporangióforos que emergem e se tornam aéreos, através do estômato. Os esporangióforos são finos e ramificados monopodialmente, formando zoosporângios nas extremidades das ramificações. Os zoosporângios rompem-se, ocorrendo a liberação de zoósporos biflagelados ou a formação de tubos germinativos (Zimmer & Hoes, 1978). As estruturas do fungo são encontradas em todos os tecidos da plântula e da planta adulta, mas nunca em contato com as células não diferenciadas dos tecidos meristemáticos, nem nos vasos condutores (Davet et al., 1991).

O fungo causa doença em pelo menos 80 espécies de 35 gêneros pertencentes às subfamílias Asteroidae e Cichorioidea (Gulya et al., 1997). Além de *H. annuus*, outras espécies de *Helianthus*, como *H. argophyllus*, *H. debilis*, *H. divaricatus*, *H. grosseserratus* e *H. petiolaris*, bem como outros gêneros da família Asteraceae (entre eles *Ambrosia*, *Artemisia*, *Bidens*, *Centaurea*, *Gerbera*, *Solidago*, *Vernonia* e *Xanthium*) são suscetíveis ao patógeno do míldio (Davet et al., 1991; Gulya et al., 1997).

O ciclo de vida de *P. halstedii* inicia-se com oósporos de parede fina, que são estruturas de resistência, produzidas sexualmente, essenciais para sua perpetuação (Gulya et al., 1997). Os oósporos ocorrem em resíduos contaminados da cultura anterior de girassol, bem como dentro do pericarpo e da testa de sementes colhidas de plantas infectadas sistemicamente. Após o inverno, os oósporos germinam, principalmente nas condições úmidas da primavera. Alguns oósporos, entretanto, permanecem dormentes por até 14 anos (Zimmer & Hoes, 1978). A porcentagem de plantas doentes cai consideravelmente a partir do sexto ano (Davet et al., 1991). Os oósporos germinam produzindo zoosporângios de parede fina que, por sua vez, produzem os zoósporos biflagelados. No contato com o tecido do hospedeiro, principalmente raízes primárias e hipocótilos das plântulas recém-emergidas, o zoósporo encista e emite haustórios para o interior da célula hospedeira (Zimmer & Hoes, 1978).

A infecção de partes subterrâneas pode causar a morte de plântulas quando a doença evolui rapidamente, ou produz a galha basal quando a infecção permanece localizada. Entretanto, a infecção normalmente torna-se

sistêmica, com os sintomas manifestando-se nas partes aéreas da planta (Zimmer & Hoes, 1978).

O patógeno esporula na superfície dos tecidos invadidos, produzindo zoosporângios, que são responsáveis pelas infecções secundárias subterrâneas e dos tecidos foliares. Com o avanço do ciclo da cultura, os órgãos sexuais masculino (anterídio) e feminino (oogônio) do fungo são formados nos espaços intercelulares das raízes, haste e, freqüentemente, sementes. A fertilização ocorre, dando origem a um oósporo de parede fina. Finalmente, o oósporo retorna ao solo, completando assim o ciclo de vida de *P. halstedii* (Zimmer & Hoes, 1978).

A incidência da doença, o tipo e a severidade de sintomas do míldio são determinados pela natureza e quantidade do inóculo, pela idade da planta por ocasião da infecção e pelas condições do ambiente (Zimmer & Hoes, 1978; Pereyra & Escande, 1994). Quanto mais velha a planta quando infectada, mais retardada será a expressão dos sintomas, que podem se manifestar até após o florescimento. A doença é favorecida por condições de alta pluviosidade (umidade relativa superior a 95%) e temperatura entre 15°C a 18°C (Davet et al., 1991).

A nomenclatura utilizada para descrever as raças de míldio era muito ambígua, já que as raças eram chamadas tanto pelo nome da região de origem (raça Red River, raça européia), por números (raças 1 a 9 da nomenclatura americana) ou letras (raças A a D da nomenclatura francesa). Para uniformizar a nomenclatura, foi estabelecido um sistema de nove diferenciadoras (linhagens de girassol de domínio público denominadas de D1 a D9) reagrupadas em trincas. Para codificar a raça, uma nota é atribuída para cada trinca, baseada na reação de suscetibilidade ou resistência dos genótipos. A nota corresponde à soma dos coeficientes atribuídos aos genótipos da trinca, que mostraram reação de suscetibilidade: 1 para o primeiro, 2 para o segundo e 4 para o terceiro. No caso de resistência do genótipo, é atribuída nota zero. A nomenclatura completa da raça corresponde à justaposição das notas obtidas com as três trincas (Gulya et al., 1998). No mundo, já foram relatadas pelo menos onze raças fisiológicas do fungo afetando o girassol (Tourvieille de Labrouhe et al., 2000). No Brasil, foi verificada, em 1982, a ocorrência da raça 2 americana (raça 300 na atual nomenclatura) (Henning & França Neto, 1985). Nos relatos recentes, em Londrina, PR, foi identificada a raça 330 ou antiga raça 7 americana (Leite et al., 2003). A antiga raça 7 também é prevalescente na Argentina (Castaño et al., 1998).

**Controle** - Medidas de exclusão têm sido adotadas, a partir de 1984, para

prevenir a entrada do míldio no Brasil, através de portaria emitida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento que proibiu a importação de sementes de girassol comum e demais espécies do gênero *Helianthus*, assim como tubérculos de *H. tuberosus*, quando procedentes dos seguintes países: Argentina, Canadá, Chile, Espanha, Estados Unidos, França, Hungria, Irã, Israel, Sérvia e Montenegro (ex-Iugoslávia), Japão, Jordânia, Paquistão, República Dominicana, Romênia, Rússia, República Tcheca (ex-Tchecoslováquia) e Uruguai, além dos demais países onde for constatado o fungo. A importação a partir de outros países é restrita a sementes produzidas em áreas livres de míldio. A partir de 1996, com a harmonização dos requisitos quarentenários para o MERCOSUL, é permitida a importação de sementes de girassol procedentes da Argentina, do Paraguai e do Uruguai, desde que autorizada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Leite & Oliveira, 1998).

O uso de cultivares resistentes é o método mais seguro de prevenção da doença (Pereyra & Escande, 1994). A resistência genética não impede a penetração do fungo nos tecidos, mas forma uma barreira à progressão da doença. Estudos histocitológicos revelam a presença de micélio tanto em cultivares suscetíveis como em resistentes. As cultivares resistentes produzem reações de defesa contra o patógeno, que se caracterizam pelo depósito de caloses, lignina e suber, que tendem a isolar o fungo dos tecidos da planta e a doença não se torna sistêmica (Davet et al., 1991; Gulya et al., 1997). A resistência ao míldio é oligogênica e dominante, controlada por genes codificados por *Pl*. Muitos genes de resistência são conhecidos. Pelo menos nove genes de resistência ao míldio ( $Pl_1$  a  $Pl_9$ ) são os mais utilizados nos programas de melhoramento (Davet et al., 1991). As linhagens do germoplasma do USDA (Estados Unidos) HA-335 a HA-339 e RHA 340 têm resistência a todas as raças conhecidas de *P. halstedii* (Gulya et al., 1997; Gulya et al., 1998). Na França, pelo menos 80% dos cultivos do ano 2000 foram feitos com cultivares resistentes às raças 710 e 703 de míldio, prevalentes no país (Tourvieille de Labrouhe et al., 2000). Também, a maioria dos genótipos atualmente comercializados na Argentina tem a resistência ao míldio incorporada (Pereyra & Escande, 1994).

Medidas culturais também são importantes na prevenção do míldio. Essas incluem a rotação de culturas por quatro anos, detalhada anteriormente, e a destruição de plantas voluntárias que surgem após a colheita do girassol (Davet et al., 1991; Gulya et al., 1997).

O controle químico através de pulverizações foliares com fungicidas não é recomendado na França, pois esse tipo de tratamento pode provocar a

pressão de seleção sobre a população do fungo, que pode responder manifestando resistência aos fungicidas (Davet et al., 1991; Tourvieille de Labrouhe et al., 2000), o que tem ocorrido a partir de 1994 (Tourvieille de Labrouhe et al., 2000).

O tratamento de sementes com fungicidas específicos para *P. halstedii*, como o metalaxyl, é obrigatório em alguns países, como a França e a Argentina, em variedades de polinização livre ou cultivares híbridas suscetíveis. O metalaxyl, graças à sua propriedade sistêmica, permite controlar contaminações primárias e assegura uma boa proteção nos primeiros estádios de desenvolvimento da cultura (Davet et al., 1991; Pereyra & Escande, 1994). Entretanto, no Brasil, não está registrado para tratamento de sementes de girassol, o que inviabiliza sua recomendação pela pesquisa.

## **Ferrugem - *Puccinia helianthi* Schwein**

A ferrugem do girassol é uma doença importante em várias regiões produtoras do mundo. Perdas severas têm sido atribuídas a essa doença, que causa desfolha prematura. A severidade da doença é maior em áreas de clima úmido (Zimmer & Hoes, 1978; Pereyra & Escande, 1994; Gulya et al., 1997).

A alta incidência de ferrugem em São Paulo, na metade da década de 60, foi o principal fator responsável pelo desestímulo do cultivo de girassol na região noroeste do Estado nessa época. Este fato ocorreu em virtude da alta suscetibilidade das cultivares utilizadas pelos produtores (Lasca, 1993).

**Sintomas** - Os sintomas típicos da ferrugem do girassol são pequenas pústulas circulares, de 1 a 2 mm de diâmetro, pulverulentas, de coloração variável de alaranjada a preta, distribuídas ao acaso por toda a superfície da planta (Fig. 12). São mais comuns nas folhas de baixo, progredindo para as de cima. Normalmente, as pústulas são circundadas por pequenos halos amarelos. Em altos níveis de infecção, haste, pecíolo e partes florais podem apresentar sintomas. A coalescência de pústulas pode ocupar quase toda a superfície foliar, causando senescência prematura de folhas, o que provoca a redução da produção e da qualidade das sementes aquênios (Zimmer & Hoes, 1978; Almeida et al., 1981; Pereyra & Escande, 1994; Gulya et al., 1997).



**Fig. 12.** Ferrugem em folha de girassol.

**Etiologia** - A ferrugem é causada pelo fungo *Puccinia helianthi*. O fungo é autóctone, ou seja, desenvolve seu ciclo em um único hospedeiro e produz dois tipos de esporos: uredósporos e teliospores. Os uredósporos constituem a massa pulverulenta alaranjada, característica da doença, e são produzidos em urédios, durante a fase favorável ao desenvolvimento do patógeno. Os urédios são formados na face inferior da folha, distribuídos irregularmente e possuem 1 mm de diâmetro. Os uredósporos são elipsoidais/obovais, às vezes cilíndricos, com tamanho variando entre 25-32 x 19-25  $\mu\text{m}$ . A parede tem 1 a 2  $\mu\text{m}$  de espessura. Nos télios são produzidos os teliospores, que são cilíndricos a clavados, com tamanho de 40-60 x 18-30  $\mu\text{m}$  (Laundon & Waterson, 1965; Zimmer & Hoes, 1978; Pereyra & Escande, 1994).

*P. helianthi* é um patógeno específico do gênero *Helianthus*, afetando mais de 35 espécies anuais e perenes (Zimmer & Hoes, 1978; Pereyra & Escande, 1994). Existem diversas raças conhecidas do patógeno, sendo nove raças já relatadas no Canadá, sete na Austrália e 10 na Argentina, além de 20 padrões de virulência detectados utilizando uma série de nove plantas diferenciadoras nos Estados Unidos (Laundon & Waterson, 1965; Zimmer & Hoes, 1978; Pereyra & Escande, 1994; Gulya et al., 1997).

O patógeno pode perpetuar-se em plantas do gênero *Helianthus*, onde são produzidos os uredósporos. Essa é, possivelmente, a forma habitual de perpetuação do fungo em regiões onde o inverno não é rigoroso (Pereyra & Escande, 1994). Os esporos são transmitidos para outras plantas a partir

de lavouras contaminadas, de ramos e folhas deixados no campo, da superfície do solo ou de plantas voluntárias. Uredosporos e teliosporos têm sido encontrados na semente, mas não há provas de transmissão (Laundon & Waterson, 1965). Correntes de ar em grandes altitudes podem contribuir para a disseminação de esporos a longas distâncias. A infecção ocorre pouco após a floração, quando os uredósporos são depositados em folhas e germinam em condições de alta umidade relativa (Pereyra & Escande, 1994).

A severidade da ferrugem pode variar com a idade da planta, com as condições ambientais e com a resistência do genótipo. O patógeno é favorecido por temperaturas de 18°C a 22°C e alta umidade relativa e, sob essas condições, pode provocar epidemias (Pereyra & Escande, 1994).

**Controle** - Medidas que visam diminuir o inóculo inicial e reduzir os riscos de perdas severas ocasionadas pela ferrugem são também recomendadas, como a eliminação de plantas voluntárias de girassol nascidas após a colheita, a rotação de culturas por, pelo menos, três anos e a destruição de restos de cultura (Laundon & Waterson, 1965; Zimmer & Hoes, 1978; Pereyra & Escande, 1994).

Os fungicidas a base de cobre e enxofre, apesar de controlarem o fungo, não têm sido utilizados em lavouras (Laundon & Waterson, 1965).

O método de controle da ferrugem universalmente utilizado é a criação de cultivares resistentes. Seleções e cultivares resistentes a esse fungo têm sido desenvolvidas em países como Rússia, Peru, Chile, Sérvia e Montenegro (ex-Iugoslávia), Estados Unidos e Argentina (Laundon & Waterson, 1965; Zimmer & Hoes, 1978; Pereyra & Escande, 1994; Gulya et al., 1997). A resistência à ferrugem é dominante e herdada por um único gene. Muitas fontes de resistência à ferrugem são conhecidas. Coleções de girassol selvagem, incluindo *H. annuus* e *H. petiolaris*, representam um reservatório de genes de resistência que podem ser utilizados no melhoramento. Os genes  $R_1$  e  $R_2$  têm sido amplamente utilizados para o desenvolvimento de cultivares resistentes (Zimmer & Hoes, 1978). Muitas cultivares desenvolvidas apresentam resistência à raça 1, mais freqüente e mundialmente distribuída. Entretanto, o uso de cultivares resistentes pode ser limitado devido à existência de raças do fungo. À medida que cultivares portadoras dos genes de resistência forem extensivamente utilizadas, poderá haver seleção de raças que superem essa resistência. Além disso, nem sempre se pode incorporar esses genes de resistência sem afetar o comportamento de outros caracteres (Pereyra & Escande, 1994).

## **Bolha branca - *Albugo trago-pogonis* (DC.) S.F. Gray**

Esta doença já foi constatada no Brasil e ocorre, especialmente, em regiões de clima ameno. Geralmente, a doença é de ocorrência localizada e os ataques não são de grande intensidade, não resultando em perdas consideráveis de rendimento. Apesar de pouco freqüentes, as infecções que ocorrem em estágio de plântula podem provocar a perda das folhas e a morte de algumas plantas, como relatado na Argentina. Apesar de ser considerado um patógeno de menor importância, ocorre regularmente e ocasionalmente causa danos em áreas da África do Sul, Argentina e Austrália (Pereyra & Escande, 1994; Gulya et al., 1997).

**Sintomas** - Os primeiros sintomas observados são manchas amareladas salientes, com cerca de 1 a 2 mm de diâmetro, dispostas irregularmente na face inferior das folhas. Essas bolhas podem ocorrer também nos pecíolos. As manchas alargam-se e podem coalescer. A ruptura das bolhas libera grande quantidade de esporos, como uma massa pulverulenta branca (Fig. 13), que são facilmente levados pelo vento, disseminando o patógeno para outras plantas. Quando severamente infectadas, as folhas tornam-se marrons e secam prematuramente, conferindo à planta um aspecto de queima. A doença afeta, principalmente, as folhas inferiores da planta e raramente a haste. Os sintomas de bolha branca podem manifestar-se em qualquer fase de desenvolvimento da planta, desde a plântula até a floração. Entretanto, é mais comum em tecidos mais tenros, geral-



**Fig. 13.** Bolha branca em girassol.

mente, em folhas jovens (Mukerji, 1975; Zimmer & Hoes, 1978; Almeida et al., 1981; Pereyra & Escande, 1994; Gulya et al., 1997).

**Etiologia** - O agente causal da bolha branca é o fungo *Albugo tragopogonis* (sin. *Albugo tragopogi* (Pers.) Schroet), que é um parasita obrigatório, normalmente presente em sua forma assexual. O fungo forma pústulas esbranquiçadas e pulverulentas, de 1 a 5 mm x 1 a 8 mm, correspondendo à massa de esporângios hialinos e cilíndricos, produzidos a partir de esporangióforos. Os esporângios são disseminados e germinam, produzindo de 7 a 11 zoosporos biflagelados por esporângio, com tamanho de 45 a 57 µm (Mukerji, 1975).

*A. tragopogonis* ocorre somente em membros da família Asteraceae, causando bolha ou ferrugem branca. A especialização fisiológica do fungo não é conhecida (Mukerji, 1975).

Os esporângios produzidos na parte inferior das folhas são disseminados pelo vento e chuva e produzem zoosporos. Os zoosporos movem-se na água livre, penetram no tecido do hospedeiro através dos estômatos, encistam e produzem hifas intercelulares (Pereyra & Escande, 1994). A infecção ocorre desde o estágio de plântula até a floração, sendo mais evidente em tecidos tenros. Os zoosporos podem sobreviver no solo ou em restos de cultura. A intensidade de infecção parece depender da presença de lâmina de água na superfície da planta, proveniente da água da chuva ou do orvalho. Os esporângios germinam numa ampla faixa de temperatura de 4°C a 35°C, sendo a ótima entre 12°C e 15°C, mas os zoosporos permanecem viáveis apenas em temperaturas entre 4°C e 20°C (Mukerji, 1975; Zimmer & Hoes, 1978). Os fatores que mais limitam a ocorrência de *A. tragopogonis* são a umidade e a temperatura. Temperaturas amenas (10°C a 15°C) e alta umidade favorecem a penetração do fungo, enquanto que temperaturas mais quentes (20°C a 25°C) aceleram o desenvolvimento de sintomas (Pereyra & Escande, 1994; Gulya et al., 1997). A doença é mais severa em épocas muito chuvosas, quando há aumento da liberação de esporos (Mukerji, 1975).

**Controle** - O controle da bolha branca através de práticas culturais não foi desenvolvido por causa de sua ocorrência esporádica e da limitada importância econômica na maior parte dos países produtores (Zimmer & Hoes, 1978).

Há relatos de fontes de resistência à bolha branca, mas sua utilização em programas de melhoramento não tem sido feita comercialmente pela pouca importância da doença. Entretanto, a alta suscetibilidade de genótipos, especialmente os que apresentam sintomas em folhas medianas ou supe-

riores, são causa de descarte de materiais experimentais (Pereyra & Escande, 1994). Nos países onde a doença ocorre regularmente, como África do Sul, Argentina e Austrália, existem materiais melhorados com níveis de resistência elevados, mas não foram lançados híbridos imunes à doença (Gulya et al., 1997).

### **Oídio - *Golovinomyces cichoracearum* (DC) Heluta**

O oídio é uma doença distribuída por todo o mundo, mas ocorre em maior intensidade em áreas tropicais onde, ocasionalmente, causa senescência da planta no estágio de florescimento ou mais adiante. Em áreas temperadas, o oídio normalmente não é observado até o florescimento e raramente apresenta importância econômica (Zimmer & Hoes, 1978; Gulya et al., 1997).

**Sintomas** - Esta doença caracteriza-se pelo aparecimento de estruturas aveludadas de coloração branca ou cinza sobre a parte aérea da planta, principalmente em folhas baixas, mas ocasionalmente na haste e em brácteas (Fig. 14). As lesões podem crescer e coalescer, cobrindo grande parte da superfície da planta. Com a evolução do ciclo da cultura, podem ser observadas pontuações negras distribuídas ao acaso nas áreas aveludadas (Zimmer & Hoes, 1978; Almeida et al., 1981).



**Fig. 14.** Oídio em folhas de girassol.

**Etiologia** - O oídio é causado pelo fungo *Golovinomyces cichoracearum* (sin. *Erysiphe cichoracearum* (DC) ex Meret), que é um parasita obrigatório. As estruturas aveludadas características da doença são micélio, conidióforos e conídios do fungo. O micélio é, normalmente, bem desenvolvido. Os conídios são formados em cadeias longas, têm formato elipsóide e tamanho variando de 25-45 µm x 14-26 µm. No final do ciclo, o fungo produz cleistotécios, estruturas negras de sobrevivência do patógeno, que contêm ascos com dois ascósporos. Há relatos de pelo menos 13 *formae speciales* do fungo (Kapoor, 1967).

*G. cichoracearum* está restrito à família Asteraceae, causando oídio em 230 espécies pertencentes a 50 gêneros (Kapoor, 1967).

A transmissão é feita principalmente por cleistotécios, que sobrevivem de uma safra para outra. Em alguns casos, os conídios também podem sobreviver (Kapoor, 1967). A disseminação é feita principalmente pelo vento, que leva os conídios a longas distâncias. As condições ótimas para a infecção são temperatura ao redor de 25°C e umidade relativa de 95%. Os conídios não germinam quando há um filme de água na superfície foliar. A doença é favorecida em períodos quentes e secos (Kapoor, 1967; Zimmer & Hoes, 1978).

**Controle** - Apesar de haver fungicidas específicos para o oídio, como o enxofre, o controle químico não é realizado devido à pouca importância da doença (Kapoor, 1967; Zimmer & Hoes, 1978).

Poucos esforços têm sido feitos no desenvolvimento de cultivares resistentes ao oídio. Entretanto, parece haver amplas diferenças na reação de diferentes cultivares ao patógeno (Zimmer & Hoes, 1978).

### **Mancha cinzenta da haste - *Diaporthe helianthi* Munt.-Cvet. et al. (*Phomopsis helianthi* Munt.-Cvet. et al.)**

Esta doença é relativamente nova, relatada pela primeira vez na Sérvia e Montenegro (ex-Iugoslávia), em 1980, e tem se mostrado altamente destrutiva nos países da Europa Oriental e na França (Davet et al., 1991; Masirevic & Gulya, 1992; Pereyra & Escande, 1994). O dano provocado é devido à quebra e ao acamamento das plantas atacadas, prejudicando seriamente a colheita. Ocorre freqüentemente em reboleiras e, dependendo das condições climáticas, o grau de incidência pode alcançar 50% a 80% das plantas (Masirevic & Gulya, 1992; Pereyra & Escande, 1994; Gulya et al., 1997).

**Sintomas** - Os primeiros sintomas da doença ocorrem nas folhas medianas ou baixas, normalmente após o florescimento. Cerca de 10 a 15 dias após a infecção, pequenas manchas necróticas, circundadas por um halo amarelado, aparecem na margem das folhas e evoluem em direção à nervura principal da folha (Fig. 15). As folhas infectadas rapidamente murcham e morrem (Davet et al., 1991; Masirevic & Gulya, 1992; Pereyra & Escande, 1994; Gulya et al., 1997).



**Fig. 15.** Lesão foliar causada por *Phomopsis helianthi* em girassol.

O fungo cresce em direção à haste, onde aparecem os sintomas mais característicos (Fig. 16). As lesões na haste, sempre iniciadas nas axilas das folhas, iniciam-se como manchas pequenas, marrons e encharcadas, que rapidamente crescem e se tornam redondas ou elipsoidais, usualmente circundando a haste. A parte central da mancha torna-se cinzenta, enquanto que as bordas são marrom-escuras. O fungo destrói os tecidos internos às lesões e a haste quebra-se facilmente, tornando as plantas sujeitas ao acamamento (Fig. 17). Em genótipos suscetíveis, as lesões podem atingir, eventualmente, 15 a 20 cm, enquanto que em genótipos resistentes, as lesões permanecem pequenas, marrons e superficiais, sem causar danos aos tecidos internos. Podem ser observados picnídios pequenos e escuros nos tecidos infectados. Concomitantemente ao desenvolvimento de lesões na haste, as folhas superiores tornam-se cloróticas. O sintoma final da doença é a seca total da planta (Davet et al., 1991; Masirevic & Gulya, 1992; Pereyra & Escande, 1994; Gulya et al., 1997).



**Fig. 16.** Mancha cinzenta da haste de girassol causada por *Phomopsis helianthi*.  
Fonte: Les Maladies (1992)



**Fig. 17.** Quebra de planta de girassol causada por *Phomopsis helianthi*.

**Etiologia** - A mancha cinzenta da haste é causada por *Phomopsis helianthi*, cujo teleomorfo é *Diaporthe helianthi* (Davet et al., 1991; Masirevic & Gulya, 1992; Pereyra & Escande, 1994). Outra espécie não identificada de

*Phomopsis* pode também causar doença em girassol, mas *P. helianthi* parece ser prevalecente. A diferenciação entre espécies é feita pela presença de conídios alfa e beta, pelo comprimento do rostro do peritécio e pela formação de peritécios *in vitro* (Carriere & Petrov, 1990).

Em condições de infecção natural, os picnídios começam a ser formados logo após as manchas surgirem na haste. Podem ser encontrados nas folhas, porém sempre em menor número que na haste. Os picnídios são globulares, com 120 a 190  $\mu\text{m}$  de diâmetro, marrom-escuros, ostiolados e, freqüentemente, imersos nos tecidos do hospedeiro. Desenvolvem beta-conídios hialinos, com 17 a 42  $\mu\text{m}$  de comprimento por 0,5 a 2  $\mu\text{m}$  de largura, retos ou circulares numa extremidade e, às vezes, com conteúdo granular. Os peritécios podem ser encontrados desenvolvendo-se em resíduos de girassol, em tecidos corticais, individualmente ou em grupos, formando longos rostros através da epiderme. Numerosos ascos globulares a cilíndricos, com 60 a 76,5  $\mu\text{m}$  de comprimento por 8,7 a 12,5  $\mu\text{m}$  de largura, desenvolvem-se nos peritécios. Após a maturação, cada asco libera oito ascósporos bicelulares e elipsoidais (Masirevic & Gulya, 1992).

Além de espécies do gênero *Helianthus*, não há relatos confirmados de outras plantas hospedeiras de *P. helianthi*. Entretanto, *Phomopsis* sp. isolado de *Xanthium italicum* é relatado como patogênico ao girassol (Carriere & Petrov, 1990).

A temperatura ótima para o desenvolvimento do fungo está ao redor de 25°C. Os esporos infectam as plantas em condições de umidade elevada durante 12 a 15 horas consecutivas. Chuvas freqüentes e abundantes resultam em aumento da infecção. O fungo persiste em restos de cultura como micélio que, sob condições de temperatura entre 18°C e 20°C e alta umidade, forma peritécios que liberam ascosporos, os quais são então disseminados pelo vento e pela água da chuva (Pereyra & Escande, 1994). O fungo também pode ser encontrado em sementes de girassol (Masirevic & Gulya, 1992). Os ascosporos germinam na inserção da folha e iniciam a infecção, através da invasão do pecíolo, atingindo finalmente a haste. A lesão característica da doença é formada de 25 a 30 dias após a infecção inicial da folha. Altas densidades de plantas favorecem o aumento da incidência e da severidade da doença, devido à formação de microclima mais favorável (alta umidade) e à redução do vigor das plantas (Masirevic & Gulya, 1992).

**Controle** - Um grande número de acessos de espécies selvagens de *Helianthus* possuem um nível satisfatório de resistência à mancha cinzenta da haste: *H. tuberosus*, *H. resinosus*, *H. decapetalus*, *H. divaricatus*, *H.*

*eggertii*, *H. giganteus*, *H. grosserratus*, *H. hirsutus*, *H. mollis*, *H. salicifolius*, *H. nuttallii* e *H. radula*. Cruzamentos interespecíficos de girassol cultivado com *H. argophyllus* e *H. tuberosus* resultaram em linhas utilizadas para o desenvolvimento de híbridos comerciais com alto nível de resistência à mancha da haste (Masirevic & Gulya, 1992; Gulya et al., 1997). A resistência é controlada por muitos genes, a maioria com efeitos aditivos. A resistência ao fungo está ligada positivamente à resistência a *Macrophomina phaseolina*, a *Phoma oleracea* var. *helianthi-tuberosi* e à seca, possivelmente atribuídas a genes ligados (Masirevic & Gulya, 1992; Pereyra & Escande, 1994; Deglène et al., 1999).

Práticas de controle cultural como o uso de populações de plantas inferiores a 50.000 plantas ha<sup>-1</sup>, fertilizações com nitrogênio não excessivas e rotação de culturas são necessárias para diminuir a incidência da doença. Além disso, a incorporação profunda de hastes contaminadas ou a sua remoção auxilia na redução do inóculo do fungo na área (Davet et al., 1991; Masirevic & Gulya, 1992; Gulya et al., 1997).

Os produtos fungicidas a base de benzimidazóis têm sido empregados no controle do fungo na França e na Argentina (Davet et al., 1991; Pereyra & Escande, 1994). O controle químico com duas aplicações aéreas de fungicidas, a primeira na fase vegetativa V8 a V10 e a segunda no florescimento, é preconizado por Masirevic & Gulya (1992). O tratamento de sementes também tem se mostrado eficaz (Davet et al., 1991). Apesar de minimizar as perdas de produção, o uso de fungicidas não é tão eficiente no controle como a resistência genética (Masirevic & Gulya, 1992). Além disso, no Brasil, não há fungicidas registrados para uso em girassol, o que inviabiliza a sua recomendação.

### **Mancha preta da haste - *Phoma oleracea* var. *helianthi-tuberosi* Sacc.**

Esta doença tem importância secundária, especialmente quando se apresenta isoladamente e seus sintomas podem ser confundidos com outras doenças de haste. Entretanto, é considerada um dos integrantes do complexo de doenças chamado “peste negra”, que se caracteriza pelo ataque conjunto de vários patógenos, ocasionando a seca antecipada das plantas (Pereyra & Escande, 1994; Gulya et al., 1997).

**Sintomas** - O patógeno provoca lesões nas folhas, nos capítulos e nas hastes. Nas folhas, as lesões são negras e de forma variável, nos capítulos,

superficiais, com o aparecimento de áreas enegrecidas no receptáculo e nas brácteas. É mais comum e característica a formação de lesões na haste. As lesões preto-brilhantes são típicas e iniciam-se nas axilas das folhas, menores que as lesões causadas por *Phomopsis*, no máximo com 1 a 2 cm e normalmente superficiais (Fig. 18). Podem coalescer quando a infecção é severa, tornando a haste totalmente negra. O patógeno não causa desintegração e flacidez dos tecidos do capítulo e da haste, como ocorre com outros patógenos. Infecções severas podem causar morte de plantas jovens e enfraquecimento, nanismo e redução do tamanho do capítulo de plantas mais velhas. Os sintomas típicos da doença manifestam-se, principalmente, a partir da floração (Zimmer & Hoes, 1978; Almeida et al., 1981; Pereyra & Escande, 1994).



**Fig. 18.** Mancha preta da haste de girassol causada por *Phoma oleracea*.

**Etiologia** - A mancha preta da haste é causada pelo fungo *Phoma oleracea* var. *helianthi-tuberosi*. Gulya et al. (1997) afirmam que a classificação correta do patógeno da mancha preta da haste é *Phoma macdonaldii* Boerema. O fungo forma poucos picnídios em condições de campo. Os picnídios são de coloração pardo-escuro, globosos, pouco achatados e subepidérmicos, onde são formados conídios hialinos, unicelulares, com tamanho variando de 3 a 8,5 µm de comprimento por 2,5 a 3 µm de largura. Poucos picnídios são visíveis, em condições de campo, mas são abundantemente formados em câmara úmida (Zimmer & Hoes, 1978). A fase perfeita *Leptosphaeria lindquistii* Frezz foi descrita primeiramente na Argentina

(Zimmer & Hoes, 1978) e, posteriormente, nos Estados Unidos e na Sérvia e Montenegro (ex-Iugoslávia) (Gulya et al., 1997).

A infecção primária das plantas de girassol ocorre a partir de conídios produzidos em picnídios e ascósporos produzidos em peritécios formados nos restos de cultura infectados. Em condições de alta umidade, a formação de picnídios aumenta e os conídios são liberados através do ostíolo. A disseminação dos conídios é feita pela água da chuva. As condições ótimas para o desenvolvimento do fungo são umidade relativa muito elevada e temperaturas em torno de 25°C (Pereyra & Escande, 1994).

**Controle** - Devido à pouca importância que a doença apresenta, não tem havido preocupação específica de desenvolver métodos de controle químico ou cultural ou programas de melhoramento para resistência à mancha preta da haste. Somente tem havido o cuidado de descartar genótipos experimentais de alta suscetibilidade (Pereyra & Escande, 1994).

### **“Damping-off”, podridões radiculares e murchas - *Sclerotium rolfsii* Sacc, *Macrophomina phaseolina* (Tass.) Goid e *Verticillium dahliae* Klebahn**

Além de *S. sclerotiorum*, diversos fungos que atuam individualmente ou em complexo causam podridões radiculares ou da base do caule e murchas em girassol. Entre eles, destacam-se *Sclerotium rolfsii* Sacc, agente causal da podridão do colo e tombamento, *Macrophomina phaseolina* (Tass.) Goid., causando podridão negra da raiz e *Verticillium dahliae* Klebahn, que ocasiona murcha. Esses fungos estão amplamente distribuídos nas regiões tropicais e subtropicais produtoras de girassol no mundo (Gulya et al., 1997). Algumas dessas doenças são de importância secundária, mas, sob condições de estresse da planta, podem causar danos econômicos ou incrementar os danos inicialmente ocasionados por outros fungos (Zimmer & Hoes, 1978; Davet et al., 1991; Pereyra & Escande, 1994). Além de *S. sclerotiorum*, *V. dahliae* é considerado um dos principais patógenos do girassol na Argentina (Pereyra & Escande, 1994).

**Sintomas** - Os sintomas primários da podridão do colo causada por *S. rolfsii* manifestam-se com escurecimento e necrose dos tecidos dessa região (Fig. 19). Posteriormente, a necrose pode se estender para cima ou para baixo, além de causar estrangulamento da região basal da haste. Nesse caso, as plantas exibem sintoma secundário de murcha. Em condições de alta umidade, observa-se desenvolvimento de micélio branco, a partir



**Fig. 19.** Podridão basal da planta de girassol causada por *Sclerotium rolfsii*.

das lesões localizadas no colo das plantas, similar à podridão causada por *S. sclerotiorum*. Sobre esse micélio, formam-se os escleródios. As plantas em estádios mais avançados de infecção acabam morrendo (Almeida et al., 1981; Pereyra & Escande, 1994; Gulya et al., 1997).

O sintoma mais comum da podridão negra da raiz é a desagregação dos tecidos da base da haste e das raízes, que apresentam coloração negra característica, em virtude da abundante produção de microescleródios do fungo, facilmente visível pela remoção da epiderme. As hastes severamente infectadas apresentam-se ocas e facilmente quebradiças, muito suscetíveis ao acamamento. A medula destruída apresenta o aspecto de discos empilhados (Fig. 20). O capítulo é menor do que o de plantas saudáveis. Os sintomas só aparecem a partir da floração, mesmo quando as plantas são infectadas nos estádios iniciais de desen-



**Fig. 20.** Haste de girassol afetada por *Macrophomina phaseolina*, com medula destruída.

Fonte: Les Maladies (1992)

volvimento. As plantas secam prematuramente (Zimmer & Hoes, 1978; Almeida et al., 1981; Davet et al., 1991; Pereyra & Escande, 1994; Gulya et al., 1997).

A doença causada por *V. dahliae* inicia-se pela clorose internerval de folhas, geralmente situada de um lado da planta, especialmente a partir da floração. As folhas tornam-se escurecidas, mas o halo amarelado persiste ao redor dos tecidos necrosados (Fig. 21). Cortes da porção inferior da haste podem mostrar a descoloração dos tecidos vasculares invadidos pelo fungo. Podem-se observar amarelecimento e murcha de folhas e flacidez de capítulos. Plantas severamente afetadas apresentam redução do tamanho, capítulos menores e destruição do sistema radicular por fungos oportunistas. A medula da haste apresenta uma massa densa de coloração acinzentada formada por microescleródios do fungo (Zimmer & Hoes, 1978; Davet et al., 1991; Pereyra & Escande, 1994; Gulya et al., 1997).



**Fig. 21.** Lesão foliar causada por *Verticillium dahliae* em girassol.

O conjunto de sintomas ocasionados por esses fungos, traduzido pela seca prematura das plantas, é conhecido na Argentina por “peste negra”. Devido ao ataque conjunto dos patógenos, muitas vezes torna-se difícil a identificação do agente principal, mas sabe-se que *S. sclerotiorum*, *S. rolfsii*, *M. phaseolina*, *V. dahliae*, além de *A. helianthi* e *P. oleracea* podem estar envolvidos (Pereyra & Escande, 1994).

**Etiologia** - *Sclerotium rolfsii* possui micélio branco denso, onde são formados escleródios arredondados, de 1 a 2 mm de diâmetro, inicialmente de coloração creme e, posteriormente, marrom-escuros ou negros (Pereyra & Escande, 1994). A forma perfeita não é freqüentemente observada no campo e, provavelmente, não é importante na transmissão da doença. Esse fungo causa podridão de raiz e da base do colo em uma ampla variedade de culturas, incluindo leguminosas, plantas ornamentais e diversas plantas daninhas. Apesar de haver variações morfológicas mínimas entre isolados de diferentes áreas geográficas, há poucas evidências de especialização do fungo entre hospedeiros. *S. rolfsii* é um parasita facultativo com extensiva capacidade de crescimento saprofítico nas camadas superficiais do solo, podendo persistir em restos de cultura e plantas daninhas. O escleródio é disseminado por práticas culturais, vento e água e pode estar misturado às sementes. A temperatura ótima para o desenvolvimento da doença varia de 25°C a 35°C. Os escleródios germinam em umidade relativa próxima de 100%. Solos encharcados e alta população de plantas aumentam a incidência da doença e, à medida que o solo seca, a infecção avança para o nível abaixo da superfície e os sintomas de murcha tornam-se mais evidentes (Mordue, 1974).

*Macrophomina phaseolina* forma picnídios escuros, com 100 a 200 µm de diâmetro e conídios hialinos elipsóides a obovóides. O fungo também produz microescleródios arredondados e negros, com 100 µm a 1 mm de diâmetro (Holliday & Punithalingam, 1970). É um fungo extremamente polífago, afetando pelo menos 284 espécies de plantas e está amplamente distribuído nos trópicos e subtropicais, particularmente nas regiões com altas temperaturas e umidade relativa baixa (Holliday & Punithalingam, 1970; Zimmer & Hoes, 1978). *M. phaseolina* sobrevive em restos de culturas, onde forma quantidade considerável de microescleródios que permanecem no solo viáveis por três a quatro anos. Tanto microescleródios como picnídios podem ocorrer na semente. O microescleródio, provavelmente, é a principal fonte de inóculo para infecção, que também pode ocorrer pelos conídios, e é capaz de germinar em contato com as raízes. A doença é mais severa em altas temperaturas (35°C a 39°C) e baixa umidade. O fungo pode ser transmitido por sementes contaminadas (Holliday & Punithalingam, 1970; Zimmer & Hoes, 1978; Davet et al., 1991; Gulya et al., 1997).

*Verticillium dahliae* (sin. *Verticillium albo-atrum* Reinke & Berth.) é classificado como fungo imperfeito, já que a fase sexual não é conhecida. Os conídios hialinos, unicelulares, com tamanho de 3 a 5 µm, são produzidos na extremidade de fiálides. O entrelaçamento de hifas forma microes-

cleródios com 8 a 15 µm de diâmetro (Zimmer & Hoes, 1978; Gulya et al., 1997). A gama de hospedeiros de *V. dahliae* inclui mais de 350 espécies de dicotiledôneas anuais e perenes. Esse fungo pode apresentar especialização fisiológica em hospedeiros, tendo inclusive sido constatada, na Argentina, uma raça afetando híbridos de girassol resistentes (Zimmer & Hoes, 1978; Davet et al., 1991). *V. dahliae* sobrevive no solo na forma de microescleródios dormentes, presentes em restos do cultivo anterior ou em plantas daninhas, que podem sobreviver no solo por muitos anos. Exsudados de plantas quebram a dormência e os microescleródios germinam, produzindo hifas e conídios. A infecção inicia-se com a penetração direta no hospedeiro. Com a invasão dos vasos do xilema, os conídios são produzidos e o fungo torna-se sistêmico na planta. O patógeno também pode ser transmitido por sementes contaminadas (Zimmer & Hoes, 1978; Pereyra & Escande, 1994; Gulya et al., 1997).

**Controle** - Apesar de *S. rolfii* possuir um largo espectro de hospedeiros, alguns genótipos de girassol podem apresentar menor incidência da doença (Carvalho et al., 1995). Também, para a podridão negra da raiz, foram observadas reações diferenciais entre cultivares inoculadas artificialmente e em infecções naturais (Zimmer & Hoes, 1978). O melhoramento para resistência é o método mais eficiente para o controle da murcha de *Verticillium*. Grandes diferenças no comportamento das cultivares foram observadas no campo, independentemente do estágio da planta (Davet et al., 1991). A resistência é dominante, controlada por um único gene e está distribuída em várias espécies de girassol selvagem, podendo ser facilmente incorporada em híbridos comerciais (Zimmer & Hoes, 1978; Davet et al., 1991; Gulya et al., 1997).

O controle da podridão do colo, da podridão negra da raiz e da murcha inclui o ajuste do pH do solo e da fertilização. Métodos de cultivo como remover ou destruir restos de cultura, controlar plantas daninhas, utilizar sementes saudáveis, utilizar rotação de culturas e evitar danos na base das plantas são recomendados (Holliday & Punithalingam, 1970; Mordue, 1974; Davet et al., 1991; Pereyra & Escande, 1994; Gulya et al., 1997). A rotação de culturas isoladamente não é eficiente no controle da murcha de *V. dahliae*, devido à ampla gama de hospedeiros do fungo e à sobrevivência dos microescleródios no solo por muitos anos, mas contribui para a redução do inóculo do solo (Davet et al., 1991). Práticas que reduzem a exposição das plantas a altas temperaturas e estresse hídrico, como o uso de cultivares precoces e a semeadura no início da estação chuvosa, podem também ser eficientes no controle de *M. phaseolina* (Zimmer & Hoes, 1978).

## Podridão cinza do capítulo - *Botrytis cinerea* Pers. ex Fr.

Além de *S. sclerotiorum*, diversos fungos podem causar podridão de capítulos. As perdas de rendimento causadas pelo apodrecimento dos capítulos são de difícil avaliação, pois a doença dificulta a limpeza dos grãos, devido à formação de uma massa úmida e compacta entre as sementes e as estruturas do fungo. Afeta a casca do grão ou a amêndoa, deteriorando o óleo por acidificação (Zimmer & Hoes, 1978; Davet et al., 1991; Pereyra & Escande, 1994). As massas de sementes infectadas são altamente inflamáveis, o que pode favorecer a ocorrência de fogo ou explosões em secadores de grãos (Gulya et al., 1997).

**Sintomas** - Inicialmente, notam-se lesões de coloração marrom na face inferior do capítulo, comumente nas brácteas ou no receptáculo. Em condições de alta umidade, os tecidos invadidos pelo fungo perdem a consistência e há o desenvolvimento de podridão mole que se alastra por trás do capítulo. Ocorre abundante produção de conidióforos e conídios de coloração cinza, que envolvem todo o capítulo, inclusive as sementes (Fig. 22). Os capítulos totalmente atacados ficam mumificados, mas não se desintegram (Zimmer & Hoes, 1978; Almeida et al., 1981; Davet et al., 1991; Pereyra & Escande, 1994; Gulya et al., 1997).



**Fig. 22.** Estruturas de *Botrytis cinerea* envolvendo o capítulo de girassol.  
Fonte: Les Maladies (1992)

**Etiologia** - *Botrytis cinerea* ocorre em um grande número de espécies vegetais, como hortaliças, forrageiras e plantas ornamentais, causando podridões semelhantes de coloração cinza. É um parasita facultativo que pode se desenvolver saporiticamente em restos de matéria orgânica. Forma micélio acinzentado que dá origem a conidióforos ramificados e conídios simples, facilmente disseminados pelo vento. Na etapa mais avançada da infecção, aparecem macro e microescleródios e micélio dormente, capazes de sobreviver em condições adversas (Davet et al., 1991; Pereyra & Escande, 1994; Gulya et al., 1997).

O fungo sobrevive na forma de micélio em restos vegetais e em semente. Após a esporulação, os conídios formados são facilmente disseminados pelo vento. A contaminação dos capítulos ocorre durante a floração. Os esporos do fungo germinam sobre os tecidos senescentes ou ferimentos no capítulo, causados, principalmente, por insetos ou pássaros. A infecção por *B. cinerea* atinge a máxima intensidade em temperaturas de 15°C a 20°C e 90% de umidade relativa. A doença é favorecida pela ocorrência de chuvas sucessivas, bem como a presença de partes florais e brácteas senescentes. As perdas na colheita são significativas quando a etapa de maturação fisiológica coincide com períodos de alta pluviosidade (Zimmer & Hoes, 1978; Davet et al., 1991; Pereyra & Escande, 1994).

**Controle** - Apesar de não serem conhecidos genótipos totalmente imunes à infecção por *B. cinerea*, há relatos da existência de resistência poligênica ao patógeno, a qual poderá futuramente ser incorporada aos genótipos comerciais (Zimmer & Hoes, 1978; Davet et al., 1991). Os capítulos que apresentam ligeira inclinação, com superfície plana, de modo a evitar o acúmulo de água, estão menos sujeitos ao ataque do fungo (Pereyra & Escande, 1994).

Medidas de controle cultural são recomendadas para minimizar a ocorrência da doença. A escolha da época de semeadura é fundamental (Seção 14 - Semeadura e manejo da cultura do girassol), de modo a evitar que a colheita coincida com períodos chuvosos. As sementes devem estar livres do fungo (Pereyra & Escande, 1994). Também, deve-se controlar as adubações a base de nitrogênio e a irrigação. Em áreas de risco de ocorrência de podridão cinza do capítulo, recomenda-se utilizar cultivares precoces e densidade de semeadura inferior a 50.000 plantas ha<sup>-1</sup> (Seção 14 - Semeadura e manejo da cultura do girassol).

**Mancha e crestamento bacteriano -**  
***Pseudomonas syringae* pv. *helianthi* (Kawamura) Dye,**  
**Wilkie et Young; *Pseudomonas cichorii* (Swingle) Stapp**

Embora a mancha bacteriana e o crestamento bacteriano sejam causados por diferentes espécies de *Pseudomonas*, os sintomas nas folhas apresentam grande semelhança entre si, tornando difícil sua caracterização no campo (Gulya et al., 1997).

**Sintomas** - Inicialmente, observam-se pontuações de formato angular, levemente cloróticas e encharcadas, no limbo foliar, que adquirem a cor marrom a negra, em três a quatro dias. As pontuações desenvolvem-se, formando lesões necróticas com estreitos halos amarelados. Essas lesões podem coalescer e tomar grandes áreas da folha. Finalmente, a folha fica encarquilhada. Na face inferior, as lesões têm aspecto negro e oleoso, às vezes brilhante, devido à exsudação bacteriana. Folhas infectadas caem prematuramente. As lesões podem ocorrer também em pecíolos e na haste (Fig. 23) (Kimura et al., 1974; Almeida et al., 1981; Robbs & Almeida, 1981; Arsenijevic et al., 1994; Gulya et al., 1997).

**Etiologia** - A mancha e o crestamento bacterianos são causados por bactérias pertencentes ao gênero *Pseudomonas*. O agente causal da mancha bacteriana é *P. syringae* pv. *helianthi* (Kimura et al., 1974; Arsenijevic et al., 1994), enquanto que *P. cichorii* causa manchas na haste (Robbs & Almeida, 1981).

As células desses patógenos são gram-negativas, medem 3,0 a 7,0 x 0,6 a 1,5 µm, são móveis e possuem de um a muitos flagelos polares. Não há formação de esporos de resistência. As colônias, em meio de cultura nutriente-água, são circulares, de cor creme-pálido. Em meio de King B, formam pigmento fluorescente esverdeado que se difunde no meio. A reação de oxidase separa *P. cichorii* (posi-



**Fig. 23.** Mancha bacteriana em haste de girassol.

tiva) de *P. syringae* (negativa) (Zimmer & Hoes, 1978; Lelliot & Stead, 1987).

*P. syringae* pv. *helianthi* causa doença em espécies de *Helianthus*, enquanto que *P. cichorii* é um patógeno oportunista, que pode infectar uma ampla gama de plantas dicotiledôneas herbáceas, como hortaliças e plantas ornamentais (Lelliot & Stead, 1987).

As bactérias são comumente transmitidas pela semente e disseminam-se rapidamente dentro da lavoura, em condições de clima quente e úmido, principalmente pela água da chuva (Zimmer & Hoes, 1978; Gulya et al., 1997).

**Controle** - Devido à pouca importância que as bacterioses têm apresentado, não tem havido preocupação de desenvolver métodos de controle específicos. Métodos de controle cultural, como adubações equilibradas, controle de água de irrigação, uso de sementes saudáveis também são eficientes para minimizar a ocorrência da mancha e do crestamento bacteriano (Zimmer & Hoes, 1978).

### **Podridão da medula da haste - *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (Jones) Gardan et al.**

A doença foi descrita pela primeira vez no Brasil em 1983, no município de Londrina, PR, e em uma lavoura no sul do Estado de São Paulo (EMBRAPA-CNPSO, 1983). Entre as doenças bacterianas, é a que causa danos de maior importância em girassol (Pereyra & Escande, 1994).

**Sintomas** - Inicialmente, observa-se uma lesão encharcada na haste que, rapidamente, aumenta de tamanho. Internamente, o sintoma típico da doença caracteriza-se pela decomposição total dos tecidos da medula da haste, que adquire coloração parda e odor característico (Fig. 24). A medula finalmente liquefaz-se na região lesionada. A podridão evolui de baixo para cima da haste. O capítulo pode mostrar-se pequeno e mal formado. Devido à destruição dos tecidos internos, as plantas com podridão da medula podem ter a haste quebrada (EMBRAPA-CNPSO, 1983).

**Etiologia** - *Pectobacterium carotovorum* (sin. *Erwinia carotovora* (Jones) Bergy et al.) é uma bactéria gram-negativa, não formadora de esporos, que ocorre isoladamente, em pares ou em cadeias curtas, provida de flagelos peritricos. As células medem 0,5 a 0,8 x 0,8 a 1,3 µm e são anaeróbias facultativas. As colônias, em nutriente-água, são branco-acinzentadas, cir-



**Fig. 24.** Podridão da medula da haste de girassol.

culares, lisas, brilhantes, visíveis a olho nu em 24 h sob incubação a 25°C a 30°C (Bradbury, 1977; Lelliot & Stead, 1987).

Bactérias do gênero *Pectobacterium* causam podridão mole em muitas espécies de plantas, especialmente as que possuem folhas e caules tenros, como hortaliças, plantas ornamentais e girassol (Bradbury, 1977; Lelliot & Stead, 1987).

A bactéria parece estar presente naturalmente em solos onde há matéria orgânica em decomposição. Pode ser transmitida por diferentes meios, incluindo chuva, escorrimento de água de superfície, insetos, ferramentas, homem, máquinas, partículas e aerossóis, ou ainda pela semente. O patógeno penetra nos tecidos através de ferimentos, especialmente em plantas debilitadas. Solos mal drenados favorecem o aparecimento da podridão bacteriana (Almeida et al., 1981).

**Controle** - As mesmas considerações citadas para a mancha bacteriana e o crestamento bacteriano podem ser aplicadas para o controle da podridão da medula da haste.

### **Mosaico comum do girassol - “*Bidens* mosaic *virus*” - BiMV**

Entre as viroses, o mosaico comum do girassol é a mais comumente encontrada nas regiões de cultivo no mundo, inclusive no Brasil. Apesar de

ocorrer em todas essas regiões, apresenta pouca importância econômica.

**Sintomas** - Os sintomas caracterizam-se por um mosaico típico, com áreas verde-claras distribuídas no limbo foliar. Podem ocorrer também manchas anelares, faixas verde-escuras nas nervuras e presença de anéis concêntricos ou necróticos. Os tamanhos da planta e da inflorescência são reduzidos (Fig. 25). Essa redução será tanto maior quanto mais cedo ocorrer a infecção da planta. Os sintomas desta virose variam, principalmente, de acordo com a estirpe do vírus e com o genótipo do hospedeiro (Almeida et al., 1981; Lenardon, 1994).



**Fig. 25.** Mosaico em planta de girassol.

**Etiologia** - O agente causal desta virose é o vírus do mosaico do picão ("*Bidens mosaic virus*"), que pertence ao gênero *Potyvirus*, família *Potyviridae*. Estudos realizados na Argentina, incluindo testes de transmissão mecânica para plantas indicadoras e por afídeos e estudo de tamanho e morfologia das partículas virais indicaram que esse vírus apresenta partículas flexuosas de aproximadamente 750nm e inclusões do tipo catavento (Lenardon, 1994). Os principais hospedeiros são o picão-preto (*Bidens pilosa*) e o carrapicho ede carneiro (*Acanthospermum hispidum*), plantas daninhas facilmente encontradas próximas aos campos de cultivo de girassol (Almeida et al., 1981). A transmissão do vírus ocorre através de pulgões (*Aphis* spp.), freqüentemente encontrados no picão, mas o vírus também pode ocorrer, experimentalmente, de forma mecânica para o girassol, com 100% de eficiência. A relação vírus-vetor é do tipo não-persistente (Lenardon, 1994).

**Controle** - Devido à pouca importância da doença, não há métodos de controle específicos. Medidas aplicadas para outras doenças, como a manutenção do cultivo livre de plantas daninhas, que podem ser hospedeiras do patógeno e o controle de plantas voluntárias de girassol, que surgem após a colheita, minimizam os riscos de ocorrência de viroses (Almeida et al., 1981).

## **Considerações finais**

Uma vez instaladas na lavoura, as doenças do girassol são de difícil controle, não só pela falta de produtos registrados para a cultura no País, como pela dinâmica de crescimento das plantas, dificultando ou mesmo impedindo a entrada de máquinas na lavoura e a aplicação eficiente de algum fungicida. Portanto, as medidas de manejo de doenças têm caráter principalmente preventivo e não devem ser utilizadas de forma isolada. Assim, o controle efetivo baseia-se num programa integrado de medidas, que incluem diversas práticas culturais. A resistência genética às doenças é altamente desejável, pois não onera diretamente o custo de produção e, muitas vezes, pode dispensar outras medidas de controle. Estudos sobre o comportamento de genótipos e trabalhos de melhoramento visando resistência têm sido realizados para diferentes doenças e devem ser feitos de forma contínua. Para a semeadura do girassol, deve-se escolher corretamente a área, em solos sem problemas de drenagem, profundos e com pH adequado. A correção do solo e as adubações devem ser sempre feitas com base em análises de solo e em critérios técnicos e econômicos. Deve-se evitar adubações excessivas, especialmente de nitrogênio, que, além de aumentar os custos de produção, podem tornar os tecidos mais suscetíveis às doenças. Uma medida fundamental para minimizar a ocorrência e a severidade de doenças é a escolha da época de semeadura. Considerando as diferentes doenças e as exigências da planta, a época indicada para a semeadura do girassol varia de acordo com as diferentes regiões edafoclimáticas. Cabe salientar que a indicação da época de semeadura deve ser balizada em estudos de zoneamento agroclimático, de modo a definir a época que permita satisfazer as exigências da planta, nas diferentes fases de desenvolvimento, e que desfavoreça a ocorrência de epifitias. Outro aspecto importante é a utilização de densidade de semeadura em torno de 40.000 a 45.000 plantas/ha. Como vários patógenos do girassol são transmitidos por sementes, é imperativo utilizar sementes sadias e de procedência conhecida. Além dessas medidas, salienta-se que o girassol deve ser incluído dentro de um sistema de rotação de culturas, retornando na mesma área somente após, pelo menos, quatro anos.

## **Agradecimentos**

A autora agradece a César de Castro, José Tadashi Yorinori, Léo Pires Ferreira e Marcelo Fernandes de Oliveira, por cederem algumas das fotos aqui apresentadas.

## Referências

- ALLEN, S.J.; BROWN, J.F.; KOCHMAN, J.K. Effects of temperatures, dew period, and light on the growth and development of *Alternaria helianthi*. **Phytopathology**, Saint Paul, v.73, p.893-896, 1983.
- ALMEIDA, A.M.R.; MACHADO, C.C.; CARRÃO-PANIZZI, M.C. **Doenças do girassol**: descrição de sintomas e metodologia para levantamento. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1981. 24p. (EMBRAPA-CNPSo. Circular técnica, 6).
- ANAHOSUR, K.H. *Alternaria helianthi*. **CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria**, Kew, n.582, p.1-2, 1978.
- AQUINO, M.L.N.; BEZERRA, J.L.; LIRA, M.A. Ocorrência do crestamento do girassol (*Helianthus annuus* L.) em Pernambuco. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.46, p.151-156, 1971.
- ARSENJEVIC, M.; VENNETE, R.J.; MASIREVIC, S. *Pseudomonas syringae* pv. *helianthi* (Kawamura 1934) Dye, Wilkie et Young 1978, a pathogen of sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Journal of Phytopathology**, Berlin, v.142, p.199-208, 1994.
- BOLAND, G.J.; HALL, R. Index of plant hosts of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Canadian Journal of Plant Pathology**, Ottawa, v.16, p.93-108, 1994.
- BRADBURY, J.F. *Erwinia carotovora* var. *carotovora*. **CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria**, Kew, n.552, p.1-2, 1977.
- CARRIERE, J.B.; PETROV, M. *Diaporthe (Phomopsis)* sp., a new pathogen of cocklebur (*Xanthium italicum* Moretti) and of sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Helia**, Novi Sad, v.13, p.93-106, 1990.
- CARVALHO, Y.; BRASIL, E.M.; CUNHA, M.G.; ZOCCOLI, T.T. Comportamento de híbridos de girassol (*Helianthus annuus* L.) em relação a *Sclerotium rolfsii*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.20, p.338, 1995. Suplemento.
- CASTAÑO, F.; PEREYRA, V.; ESCANDE, A. Downy mildew of sunflower in Argentina. In: SYMPOSIUM SUNFLOWER DOWNY MILDEW, 3., 1998, Fargo. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1998. p.139.
- CASTRO, C. de; CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A.; LEITE, R.M.V.B.C.; KARAM, D.; MELLO, H.C.; GUEDES, L.C.A.; FARIAS, J.R.B. **A cultura do girassol**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1996. 38p. (EMBRAPA-CNPSo. Circular técnica, 13).
- DAVET, P.; PÉRÈS, A.; REGNAULT, Y.; TOURVIEILLE, D.; PENAUD, A. **Les maladies du tournesol**. Paris: CETIOM, 1991. 72p.

DAVID, J.C. *Alternaria zinniae*. CMI descriptions of pathogenic fungi and bacteria, Kew, n.1077, p.1-2, 1991.

DEGLÈNE, L.; ALIBERT, G.; LESIGNE, P.; TOURVIEILLE DE LABROUHE, D.; SARRAFI, A. Inheritance of resistance to stem canker (*Phomopsis helianthi*) in sunflower. **Plant Pathology**, London, v.48, p.559-563, 1999.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Resultados de pesquisa de girassol - 1983**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1983. 86p.

FERREIRA, L.P.; HENNING, A.A.; YORINORI, J.T.; FRANÇA NETO, J.B.; SCHUCK, E.; LEMOS, E.C.; AZEREDO, J.A.P. Ocorrência do mildio (*Plasmopara halstedii*) em girassol, no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 3., 1983, Campinas. **Resumos...** Campinas: ABRATES, 1983. p.93.

GODOY, J.R. de; FERNANDES, N.G. *Alternaria helianthi* (Hansf.) Tubaki & Nishihara em girassol (*Helianthus annuus* L.): influência da idade da planta na suscetibilidade e na infecção das sementes. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v.11, p.186-197, 1985a.

GODOY, J.R. de; FERNANDES, N.G. Epidemiologia da mancha de alternária (*Alternaria helianthi* (Hansf.) Tubaki & Nishihara), em girassol (*Helianthus annuus* L.). **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v.11, p.198-214, 1985b.

GULYA, T.J.; RASHID, K.Y.; MASIREVIC, S.M. Sunflower diseases. In: SCHNEITER, A.A. (Ed.). **Sunflower technology and production**. Madison: American Society of Agronomy, 1997. p.263-379.

GULYA, T.J.; TOURVIEILLE DE LABROUHE, D.; MASIREVIC, S.M.; PENAUD A.; RASHID, K.Y.; VIRANYI, F. Proposal for standardized nomenclature and identification of races of *Plasmopara halstedii* (sunflower downy mildew). In: SYMPOSIUM SUNFLOWER DOWNY MILDEW, 3., 1998, Fargo. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1998. p.130-136.

HENNING, A.A.; FRANÇA NETO, J.B. Physiological race and sources of resistance to downy mildew (*Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl. & de Toni) in Brazil. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 11., 1985, Mar del Plata. **Proceedings...** Toowoomba: International Sunflower Association, 1985. v.2., p.407-409.

HOLLIDAY, P.; PUNITHALINGAM, E. *Macrophomina phaseolina*. **CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria**, Kew, n.275, p.1-2, 1970.

KAPOOR, J.N. *Erysiphe cichoracearum*. **CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria**, Kew, n.152, p.1-2, 1967.

KIMURA, O.; ROBBS, C.F.; RIBEIRO, R.L.D. A mancha bacteriana do gi-

rassol no Estado do Rio Grande do Sul, incitada por *Pseudomonas helianthi* (Kawamura) Savalescu: primeira constatação no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 7., 1974, Brasília. **Resumos...** (mimeografado).

LASCA, D.H.C. Produção de girassol em São Paulo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 10., 1993, Goiânia. **Resumos...** Campinas: IAC, 1993. p.9-11.

LAUNDON, G.F.; WATERSON, J.M. *Puccinia helianthi*. **CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria**, Kew, n.552, p.1-2, 1965.

LEITE, R.M.V.B.C. **Doenças do girassol**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1997. 68p. (EMBRAPA-CNPSo. Circular técnica, 19).

LEITE, R.M.V.B.C.; AMORIM, L. Influência da temperatura e do molhamento foliar no monociclo da mancha de *Alternaria* em girassol. **Fitopatologia Brasileira**, Fortaleza, v.27, p.203-210, 2002.

LEITE, R.M.V.B.C.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. Relationships of disease and leaf area variables with yield in the *Alternaria helianthi* - sunflower pathosystem. **Plant Pathology**, London, 2005. (in press).

LEITE, R.M.V.B.C.; OLIVEIRA, M.F. History of downy mildew of sunflower in Brazil. In: SYMPOSIUM SUNFLOWER DOWNY MILDEW, 3., 1998, Fargo. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1998. p.36-37.

LEITE, R.M.V.B.C.; OLIVEIRA, M.F.; VIEIRA, O.V.; CASTIGLIONI, V.B.R. Incidência da podridão branca causada por *Sclerotinia sclerotiorum* em girassol semeado após a colheita da safra de verão, no Estado do Paraná. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v.26, p.81-84, 2000.

LEITE, R.M.V.B.C.; RODRIGUES, S.R.; OLIVEIRA, M.F. Detecção e variabilidade de *Plasmopara halstedii* no Brasil e avaliação da resistência de genótipos de girassol ao míldio. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 15., 2003, Ribeirão Preto. **Resumos...** Campinas: IAC, 2003. 1 CD-ROM.

LEITE, R.M.V.B.C.; TREZZI, M.M.; OLIVEIRA, M.F.; ARIAS, C.A.A.; CASTIGLIONI, V.B.R. Reaction of sunflower genotypes to *Alternaria helianthi*, in the State of Paraná, Brazil. **Helia**, Novi Sad, v.22, p.152-156, 1999.

LENARDON, S.R. Sintomas de etiologia viral en cultivos de girasol. In: PEREYRA, V.; ESCANDE, A.R. (Ed.). **Enfermedades del girasol en la Argentina**: manual de reconocimiento. Balcarce: INTA, 1994. p.99-103.

LIPPS, P.E.; HERR, L.J. Reactions of *Helianthus annuus* and *H. tuberosus* plant introductions to *Alternaria helianthi*. **Plant Disease**, Saint Paul, v.70, p.831-835, 1986.

LELLIOTT, R.A.; STEAD, D.E. **Methods for the diagnosis of bacterial diseases of plants**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1987. 216p.

MASIREVIC, S.; GULYA, T.J. *Sclerotinia* and *Phomopsis* - two devastating sunflower pathogens. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.30, p.271- 300, 1992.

MORDUE, J.E.M.; HOLLIDAY, P. *Sclerotinia sclerotiorum*. **CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria**, Kew, n.513, p.1-2, 1976.

MORDUE, J.E.M. *Corticium rolfsii*. **CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria**, Kew, n.410, p.1-2, 1974.

MUKERJI, K.G. *Albugo tragopogonis*. **CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria**, Kew, n.458, p.1-2, 1975.

PEREYRA, V.; ESCANDE, A.R. **Enfermedades del girassol en la Argentina**: manual de reconocimiento. Balcarce: INTA, 1994. 113p.

RIBEIRO, I.J.O.; PARADELA FILHO, O.; SOAVE, J.; CORVELLINI, G.S. Ocorrência de *Alternaria helianthi* (Hansf.) Tubaki & Nishihara sobre girassol. **Bragantia**, Campinas, v.33, p.81-85, 1974.

ROBBS, C.F.; ALMEIDA, A.M.R. Crestamento bacteriano do girassol causado por *Pseudomonas cichorii* (Swingle) Stapp. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.6, p.127-130, 1981.

TOURVIEILLE DE LABROUHE, D.; PILORGÉ, E.; NICOLAS, P.; VEAR, F. **Le mildiou du tournesol**. Paris: CETIOM: INRA, 2000. 176p.

YORINORI, J.T.; HENNING, A.A.; FERREIRA, L.P.; HOMECHIN, M. Diseases of sunflower in Brazil. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 11., 1985, Mar del Plata. **Proceedings...** Toowoomba: International Sunflower Association, 1985. v.2. p.459.

ZIMMER, D.E.; HOES, J.A. Diseases. In: CARTER, J.F. (Ed.). **Sunflower science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 1978. p.225-262.

Francisco Carlos Krzyzanowski  
José de Barros França Neto  
Ademir Assis Henning  
Osvaldo Vasconcellos Vieira

## **Procedimentos de produção**

### **Cultivar de polinização aberta**

A produção de sementes de cultivares de polinização aberta requer um programa efetivo de manutenção de sementes básicas, tendo em vista renovar periodicamente o material em cultivo e manter as características genéticas que deram origem à cultivar.

Para a produção de sementes básicas, segundo Smith (1978), recomenda-se selecionar visualmente 2.000 sementes típicas da cultivar, semeá-las, selecionar e ensacar os capítulos de pelo menos 500 plantas típicas da cultivar. Sugere-se que os capítulos selecionados sejam friccionados por pelo menos duas vezes durante o período de florescimento, visando a melhoria da taxa de autofecundação. Cada capítulo deve ser trilhado individualmente, descartando os atípicos. As sementes de cada capítulo serão semeadas em linhas individuais, constituindo-se linhas de progênie (capítulo por linha). O bloco de linhas de progênie deve ter um isolamento mínimo de 3,0 km de outras áreas com girassol (Skoric, 1981). Conforme recomendado por Smith (1978), cada linha que apresentar uma ou mais plantas atípicas deve ser eliminada por completo antes de entrar em florescimento. Devem ser realizadas pelo menos quatro polinizações entre plantas irmãs por linha, colhendo esses capítulos e mantendo as sementes com a identificação da linha, sendo também colhidas as sementes dos outros capítulos do bloco, que receberam polinização aberta. As sementes dos capítulos de polinização controlada serão a base para o programa de seleção e de multiplicação para a safra seguinte na produção de semente básica. As sementes oriundas da polinização aberta constituirão a semente básica da safra para a multiplicação, visando a produção de sementes comerciais.

O sistema brasileiro de produção de sementes reconhece no processo de certificação de sementes as seguintes categorias: genética, básica, certificada de primeira geração (C1), certificada de segunda geração (C2), semente de girassol de primeira geração (S1) e semente de girassol de segunda geração (S2). A semente genética não está sujeita a inspeção da agência certificadora, mas o seu obtentor ou introdutor deverá informar ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) os dados e as informações referentes a sua produção. No processo de certificação, a obtenção das sementes será limitada a uma única geração de categoria anterior nas escalas de categorias descritas anteriormente, e deverá ter as seguintes origens:

- a semente básica será obtida a partir da reprodução da semente genética;
- a semente certificada de primeira geração (C1) será obtida da semente genética ou da semente básica; e
- a semente certificada de segunda geração (C2) será obtida da semente genética, da semente básica ou da semente certificada de primeira geração (C1);
- a semente certificada, se reembalada, passará para a primeira categoria da classe não certificada (S1). As categorias S1 e S2 referem-se a semente não certificada com origem genética comprovada, significando S1 – primeira geração e S2 – segunda geração. Na Tabela 1 estão listados os padrões e os níveis de tolerâncias adotados para a produção de sementes de cultivares de girassol não híbridas nas diferentes categorias de sementes.

## **Cultivar híbrida**

A multiplicação de sementes de linhagem com macho-esterilidade citoplasmática (CMS) e linhagem restauradora (Rf) é um pré-requisito para a produção de sementes de híbrido simples de girassol.

Na produção de híbrido simples estão envolvidas 3 linhagens:

- a) linhagem fêmea macho estéril (A);
- b) linhagem mantenedora (B) e
- c) linhagem restauradora (C),

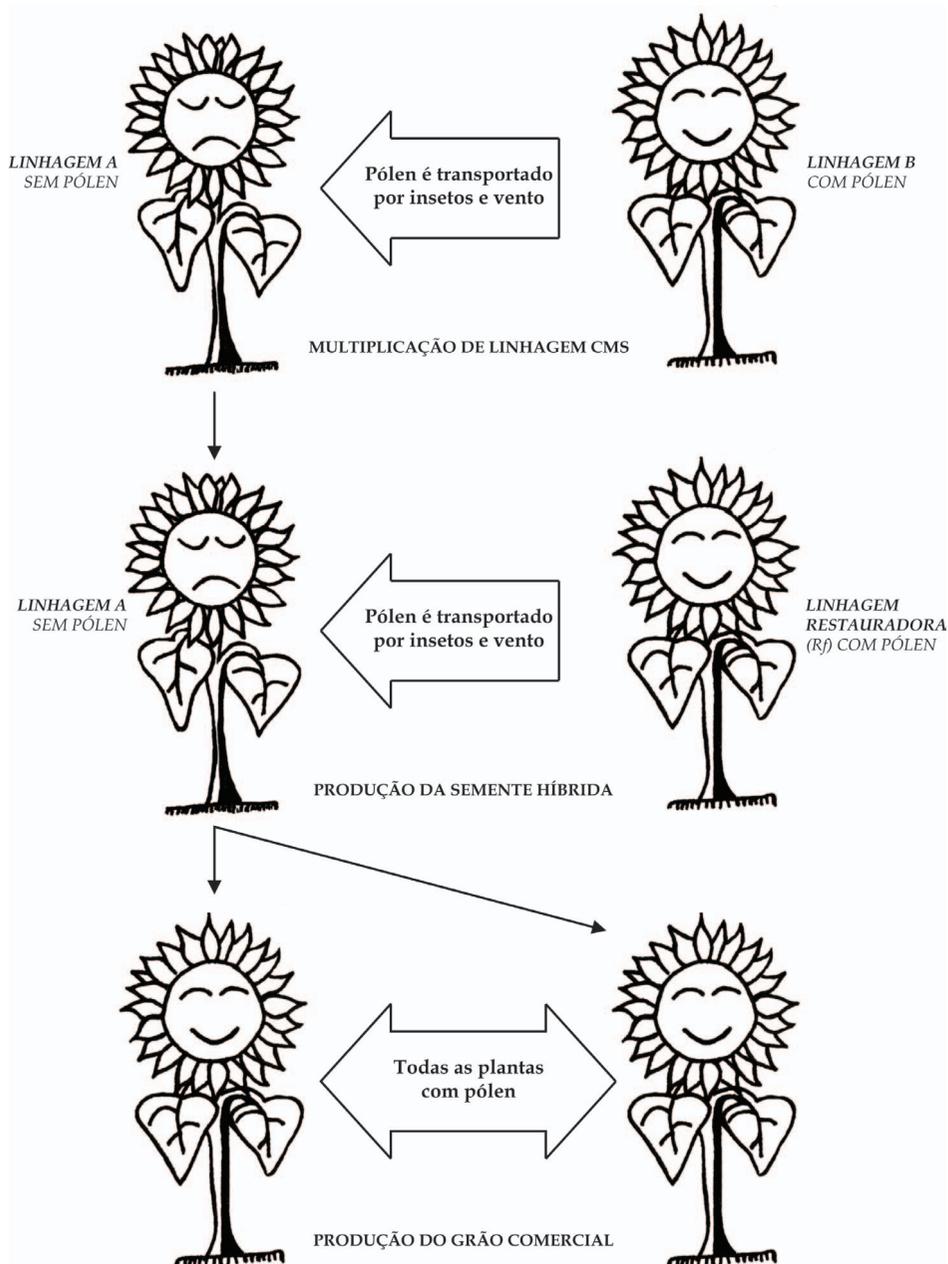
assim devemos ter campo de multiplicação (isolado) para linhagem fêmea (A+B) e campo para produção de semente híbrida (A+B)+C.

A produção de sementes de híbrido simples de girassol é ilustrada na Fig. 1. Com um isolamento de pelo menos 3 km, são semeadas de 8 a 12 linhas

**Tabela 1.** Padrões de sementes de cultivares de girassol não híbridas.

		Girassol			
Espécie:					
Nome científico:		<i>Helianthus annuus</i> L.			
Peso máximo do lote (kg)		25.000			
Peso mínimo das amostras:					
• Amostra média (g)		1.000			
• Amostra de trabalho para análise de pureza (g)		200			
• Amostra de trabalho para determinação de outras sementes (g)		1.000			
		Padrão			
Parâmetros		Tolerâncias			
Campo .....					
• Categorias	Básica	C1 <sup>1</sup>	C2 <sup>2</sup>	S1 <sup>3</sup> ou S2 <sup>4</sup>	
• Rotação (Ciclo agrícola) <sup>5</sup>	2	2	2	2	
• Isolamento (metros)	2.000	1.000	1.000	1.000	
• Fora de tipo <sup>6</sup>	3/1000	5/1000	5/1000	5/1000	
• Outras espécies <sup>7</sup>	-	-	-	-	
• Pragas <sup>8</sup>	-	-	-	-	
• Número mínimo de inspeções <sup>9</sup>	2	2	2	2	
Semente .....					
• Semente pura (%)	98,0	98,0	98,0	98,0	
• Material inerte (%)	2,0	2,0	2,0	2,0	
• Outras sementes (%)	0,0	0,0	Tr.	Tr.	
• Sementes de outras espécies cultivadas por amostra (n°)	0	0	2	2	
• Pragas <sup>10</sup>	-	-	-	-	
• Germinação (%)	85 <sup>11</sup>	85	85	85	

<sup>1</sup> Certificada de primeira geração.<sup>2</sup> Certificada de segunda geração.<sup>3</sup> Semente de girassol de primeira geração.<sup>4</sup> Semente de girassol de segunda geração.<sup>5</sup> Para as categorias de sementes pode-se repetir o plantio no ano seguinte, quando for da mesma cultivar e de categoria igual ou inferior. Só poderá ser plantada outra cultivar se a cultivar plantada anteriormente for suscetível a um determinado herbicida e a que vai ser plantada for resistente.<sup>6</sup> Número máximo de plantas, toleradas, da mesma espécie, que apresentam quaisquer características que não coincidem com os descritores da cultivar em inspeção.<sup>7</sup> A presença de plantas de outras espécies cultivadas em campos de produção de sementes, exige a prática do “roguing”.<sup>8</sup> Os campos de produção de sementes deverão ser controlados de forma a manter as pragas em níveis de intensidade que não comprometam a produção e a qualidade das sementes, principalmente para as pragas: *Sclerotinia sclerotiorum*; *Botrytis cinerea*; nematóides.<sup>9</sup> Realizar as inspeções obrigatórias nas fases de floração e pré-colheita.<sup>10</sup> Conforme Instrução Normativa SDA/MAPA 03/04.<sup>11</sup> A comercialização com menor germinação poderá ser realizada com o conhecimento prévio declarado do usuário e a autorização do órgão de fiscalização.



**Fig.1.** Esquema de produção de sementes de híbrido simples de girassol com base na macho esterilidade citoplasmática – CMS.

Fonte: Skoric (1981).

da linhagem macho-estéril e de 2 a 3 linhas da restauradora. A polinização das plantas estéreis é efetivada pelos insetos, principalmente, e pelo vento. O número de linhas estéreis e de restauradoras dependerá da característica de suas plantas: caso as plantas produtoras de pólen apresentem ramificação recessiva, um número maior de linhas macho-estéreis poderá ser utilizado. As abelhas têm uma função primordial na polinização.

Existem diversas vantagens da utilização de híbridos de girassol. Os híbridos apresentam produtividades de 25% a 30% a mais que as variedades de polinização aberta, resultantes do fenômeno de heterose. Além disso, os híbridos são geneticamente mais homogêneos em relação à altura de plantas e uniformidade de maturação, o que já não ocorre com as variedades de polinização aberta. Assim, os híbridos são menos sujeitos a perdas durante a colheita e suas sementes apresentarão um conteúdo de umidade mais uniforme, o que facilita as operações de secagem e de armazenagem.

Na produção de sementes híbridas de girassol, a legislação brasileira de sementes estabelece categorias, padrões e tolerâncias conforme descritos na Tabela 2.

Apesar da legislação brasileira prever apenas três inspeções de campo, Jancic (1981) sugere a realização de quatro inspeções, como segue:

- a primeira, no estágio de seis a sete pares de folha, para verificar o isolamento apropriado e o grau de ataque das plantas por doenças, especialmente mildio, removendo do campo as plantas infectadas pela doença, bem como as atípicas. É importante também a remoção de plantas voluntárias na área de isolamento ao redor do campo de produção;
- a segunda, no estágio de botão floral, removendo as plantas atípicas e as infectadas por mildio;
- a terceira, no estágio de floração, para a remoção de plantas férteis, que possam ocorrer entre as macho-estéreis, recomendando-se que essa operação seja realizada antes da emissão de pólen, a cada dois dias, verificando-se também a uniformidade da lavoura e se a mesma está livre do mildio;
- a quarta, no estágio de maturação fisiológica, para observação da cor e da característica das sementes, uniformidade e condição sanitária da lavoura, principalmente *Botrytis cinerea* e *Sclerotinia sclerotiorum*.

Se a topografia permitir, recomenda-se a semeadura das linhas no sentido norte-sul, uma vez que os capítulos estarão voltados para o nascente (leste), o que facilitará as inspeções, a partir da floração (Jancic, 1981) .

**Tabela 2.** Padrões de sementes de cultivares de girassol híbridas.

Espécie:		Girassol	
Nome científico:	<i>Helianthus annuus</i>		
Peso máximo do lote - (kg):	25.000		
Peso mínimo das amostras:			
• Amostra média - (g)	1.000		
• Amostra de trabalho para análise de pureza - (g)	200		
• Amostra de trabalho para determinação de outras sementes - (g)	1.000		
Padrão			
Parâmetros		Tolerâncias	
Campo .....			
• Categorias	Básica	C1 <sup>1</sup> ou S1 <sup>2</sup>	
• Rotação (Ciclo agrícola) <sup>3</sup>	2	2	
• Isolamento (metros)	2.500	1.000	
• Fora de tipo <sup>4</sup>			
- Linhas parentais	2/1000	-	
- Parentais híbridos:			
- Macho	2/1000	3/1000	
- Fêmea	4/1000	4/1000	
• % mínima de fêmeas receptivas para aplicar tolerâncias do polinizador	2	5	
• Androesterilidade mínima (%)	-	99,5	
• Outras espécies <sup>5</sup>	-	-	
• Pragas <sup>6</sup>	-	-	
• Número mínimo de inspeções	3	3	
Semente .....			
• Semente pura (%)	s.p. <sup>7</sup>	98,0	
• Material inerte (%)	s.p.	2,0	
• Outras sementes (%)	s.p.	Tr.	
• Sementes de outras espécies cultivadas por amostra (n°)	s.p.	2	
• Germinação (%)	s.p.	85	

<sup>1</sup> Certificada de primeira geração.<sup>2</sup> Semente de girassol de primeira geração.<sup>3</sup> Para as categorias de sementes pode-se repetir o plantio no ano seguinte, quando for da mesma cultivar e de categoria igual ou inferior. Só poderá ser plantada outra cultivar se a cultivar plantada anteriormente for susceptível a um determinado herbicida e a que vai ser plantada for resistente.<sup>4</sup> Número máximo de plantas, toleradas, da mesma espécie, que apresentam quaisquer características que não coincidam com os descritores da cultivar em inspeção.<sup>5</sup> A presença de plantas de outras espécies cultivadas em campos de produção de sementes, exige a prática do "roguing".<sup>6</sup> Os campos de produção de sementes deverão ser controlados de forma a manter as pragas em níveis de intensidade que não comprometam a produção e a qualidade das sementes, principalmente para as pragas: *Sclerotinia sclerotiorum*; *Botrytis cinerea*; nematóides.<sup>7</sup> Sem padrão.

## Aspectos sanitários da lavoura para produção de sementes

### Percevejos sugadores

Nas condições ambientais brasileiras os percevejos sugadores têm sido um dos insetos que mais afetam a qualidade fisiológica da semente. Portanto, o controle eficiente dessa praga é fundamental.

### Aspectos sanitários das sementes

Como a maioria das plantas cultivadas, a semente do girassol é um meio adequado para o desenvolvimento de inúmeros microrganismos causadores de doenças. A condição sanitária da semente dependerá das espécies e do número dos microrganismos colonizando tanto a superfície como o interior da semente. A correta identificação e o conhecimento dos agentes causais das doenças são os passos mais importantes para a proteção das plantas durante o estágio vegetativo. As sementes podem ser atacadas por fungos, bactérias e vírus. Porém, os fungos são os que causam maiores danos, devido ao seu maior número e frequência de ocorrência. Alguns, devido à sua agressividade podem inclusive impedir a produção da semente, como *Plasmopara halstedii*, agente causal do mildio do girassol, e outros podem reduzir o tamanho da semente. Os fungos mais frequentes associados às sementes são: *Alternaria tenuis*, *A. zinniae*, *A. helianthi*, *Fusarium* spp., *Phomopsis* sp., *Phoma* sp., *Macrophomina phaseolina*, *Septoria helianthi*, *B. cinerea*, *Rhizopus* sp., *P. halstedii* e *S. sclerotiorum*.

Devido à sua importância econômica serão discutidos em maiores detalhes esses dois últimos patógenos.

#### ♦ Mildio do girassol

A doença é causada pelo fungo *Plasmopara halstedii* (Farl. Berl.) De Toney e, no Brasil, é classificada como praga quarentenária A1.

De acordo com Leite (1997), depois da detecção do patógeno e sua imediata erradicação, em 1982 e 1983, normas restritivas de importação foram baixadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), para impedir possível re-introdução do patógeno no país, através da importação de sementes. Desde 1984, a importação de sementes de girassol e outras espécies de *Helianthus* e tubérculos de *Helianthus tuberosus* é proibida se for procedente dos seguintes países: Argentina, Canadá, Chile, Espanha, Estados Unidos, França, Hungria, Irã, Israel, Sérvia e

Montenegro, Japão, Paquistão, República Dominicana, Romênia, Rússia, República Tcheca e Uruguai, ou de outros países onde *P. halstedii* foi encontrado (MAPA, Portaria n° 306, 11/10/1984). Desses países, a importação de sementes somente é permitida para a pesquisa todavia é exigido o certificado fitossanitário acompanhado de uma declaração adicional de que o material foi produzido em área livre de *P. halstedii*, o que tem sido contestado por alguns pesquisadores americanos.

Porém, desde 1995, seguindo a harmonização dos procedimentos de quarentena dos países do Mercosul (Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai), a importação de sementes de girassol é permitida, mas precisa ser autorizada pelo MAPA, de acordo com a Portaria n° 643, 03/10/1995. Apesar de tal medida ser importante para o estabelecimento da produção de girassol no país, isto representa um risco contínuo de re-introdução de *P. halstedii*, através de sementes infectadas, principalmente da Argentina, onde a doença é importante (Pereyra & Escande, 1994).

*P. halstedii* é disseminado através de sementes infectadas a longas distâncias sendo este o veículo mais importante de introdução em novas áreas de cultivo. A sua detecção na semente, através dos métodos corriqueiros (BDA, papel-de-filtro) é difícil, uma vez que o fungo é um parasita obrigatório, sendo necessários os testes de casa-de-vegetação (*growing on tests*) para se avaliar a infecção de sementes. Métodos modernos de detecção como os sorológicos (ELISA) e moleculares (PCR), atualmente disponíveis para outros patógenos, poderão ser empregados na forma de “kits” de diagnóstico, futuramente (Tourvieille de Labrouhe et al., 2000).

As seguintes medidas podem ser tomadas para mitigar os riscos que a doença pode oferecer à cultura, no Brasil:

- exigir atestado fitossanitário de origem acompanhado de uma declaração adicional afirmando que as sementes foram produzidas em áreas (lavouras) livres de *P. halstedii*;
- só permitir a importação de sementes (aquênios) tratados no país de origem com o fungicida metalaxyl, uma vez que o mesmo não possui registro no Brasil, junto ao Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, para o tratamento de sementes de girassol;
- estimular a empresa detentora do fungicida metalaxyl a solicitar registro do produto junto ao MAPA, tanto para o tratamento de sementes como para aplicações na parte aérea;
- desenvolver intenso programa de melhoramento genético para o desen-

volvimento de cultivares de polinização aberta e híbridas resistentes ao fungo *Plasmopara halstedii*

♦ Podridão branca

Doença causada pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, também é transmitida por sementes, na forma de micélio ou de escleródios misturados às sementes.

Com relação ao tratamento químico de sementes, no Brasil, Henning & França-Neto (1985) testaram os fungicidas carboxin, thiabendazole, benomil em mistura ou separados, no tratamento de sementes de girassol provenientes de capítulos infectados com *S. sclerotiorum*. Excelente controle foi obtido pelos fungicidas thiabendazole e benomil resultando em melhor emergência de plântulas, em casa de vegetação.

A disseminação do fungo a longas distâncias ocorre através de sementes infectadas e escleródios misturados às sementes, sendo este o veículo mais importante de introdução em novas áreas de cultivo. Em áreas onde já ocorreu a doença, a importância do inóculo das sementes é mínima, uma vez que o fungo sobrevive e multiplica em restos de cultura infectados e em plantas hospedeiras. Além disso, a presença de escleródios viáveis no solo é uma fonte de dois tipos de agentes infecciosos, os ascospóros (germinação carpogênica, na superfície do solo e dispersão pelo vento) e o micélio que infecta as raízes e base da haste das plantas.

O método de detecção do patógeno em lotes de semente é através do exame visual, para detectar a presença dos escleródios misturados à semente e o método do papel de filtro (7 dias a 20°C ± 2°C), de acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2004).

Considerando o fato de que o girassol é um excelente hospedeiro para a *Sclerotinia*, dentre as medidas de controle deve-se exigir:

- atestado fitossanitário de origem acompanhado de uma declaração adicional afirmando que as sementes foram produzidas em áreas (lavouras) livres do fungo, quando o destino geográfico do lote de sementes for área nova, sem a ocorrência da doença;
- só permitir a importação e a comercialização interna de lotes de sementes (aquênios) livres de escleródios e tratados no país de origem com fungicida sistêmicos (principalmente os benzimidazóis) em misturas com fungicida de contato (thiram) além do metalaxyl, para o controle de *P. halstedii*.

Na atualidade, no Brasil, não existem fungicidas registrados no MAPA para o tratamento de sementes de girassol.

## Colheita

Dentre os fatores que interferem na colheita mecanizada de semente de girassol, destacam-se a desuniformidade da lavoura, o desprendimento dos aquênios, o peso de mil aquênios, as plantas daninhas, os restos vegetais, o acamamento e a quebra de planta, as perdas causadas pelos pássaros, a chuva na colheita e a umidade no caule e no capítulo (Balla et al., 1997).

Nessa operação, devem ser observados os seguintes parâmetros fundamentais para a qualidade de semente:

- mistura varietal, que é passível de ocorrer na máquina colhedora, em decorrência de mistura mecânica, devido à falta de limpeza adequada dos equipamentos de colheita e de transporte, quando da troca de cultivares;
- dano mecânico da semente, oriundo da operação de trilha, em decorrência dos ajustes inadequados do sistema de cilindro batedor e côncavo, em função do grau de umidade da semente;
- o grau de umidade da semente para o início da colheita está ao redor de 15%. Colheita de semente com graus de umidade acima de 9,5%, em geral, requer a secagem imediata para evitar perdas de vigor e germinação, bem como a proliferação de fungos durante a armazenagem (Schuler et al., 1978). A umidade ótima para realizar a colheita é de 10% a 12%. Nessa faixa, as perdas de colheita são estimadas em de 2,7%. Se a colheita for realizada com umidade de 6% a 8% as perdas de colheita estão estimadas em 8% a 12% (Vrânceanu, 1977).

A umidade dos aquênios pode ser de 14%, mas os capítulos podem estar mais úmidos, com porcentagem de umidade de 60% ou mais. Essa situação provoca dificuldades na colheita, uma vez que as sementes ganham umidade nessa operação, aumentando, também, o conteúdo de impurezas na massa. Contudo, a demora de colheita significa maior risco de perdas por ação de pássaros, vento, e de outros fatores climáticos. Deve-se ter em conta que o girassol é um dos cultivos mais propensos ao ataque de pássaros, sobretudo pombas e caturritas, que, em algumas regiões, podem resultar em perdas quase totais (Dios, 1988).

A colheita de girassol com umidade de 15% a 20% acarreta o aumento de impurezas e o comprometimento da qualidade final da semente, devido à maior porcentagem de aquênios quebrados, podendo atingir até 30%. Outro cuidado é o risco dos aquênios serem prensados no cilindro devido a maior umidade da massa, aumentando o dano mecânico. Colheita com baixa umidade ocasiona um aumento de aquênios descascados e uma queda considerável no rendimento (Dios, 1988; Dios, 1994; Balla et al., 1997).

A manifestação do dano mecânico sobre a qualidade das sementes pode ser por meio de efeitos imediatos e efeitos latentes. Os efeitos imediatos caracterizam-se pela redução imediata da germinação e do vigor logo após a semente ter sido injuriada. Os efeitos latentes podem não afetar de imediato a viabilidade, porém durante o armazenamento as sementes injuriadas sofrem reduções do vigor e da germinação (Escasinas & Hill, 1994; Carvalho & Nakagawa, 2000).

Sementes de cultivares de girassol ricas em óleo, com mais de 47%, devem ser secadas a 7% de umidade, para evitar o intenso processo de deterioração a que serão submetidas em função do drástico aumento dos ácidos graxos livres durante o seu armazenamento (Alimpic, 1981).

A operação de dessecação em pré-colheita do girassol, quando as sementes estão com cerca de 30% de umidade, é uma prática que resulta em antecipação da colheita de 7 a 12 dias, dependendo das condições climáticas locais. Essa prática pode prevenir perdas de qualidade fisiológica e sanitária da semente, bem como perdas por ataque de pássaros (Vidal & Fleck, 1993; Kosovac, 1981; Schuler et al., 1978).

Detalhes operacionais sobre a colheita de girassol podem ser obtidos consultando o capítulo de colheita. Deve-se observar que os ajustes do sistema de trilha tenham a menor velocidade do cilindro, 300 a 400 rotações por minuto (Bragachini et al., 2002) e a maior abertura do côncavo possíveis, que promovam uma trilha adequada com o menor índice de dano mecânico. Para avaliação desse ajuste, sugere-se que a semente seja coletada no bandeirão, através da escotilha de inspeção.

Existem dois sistemas de trilha nas diferentes máquinas colhedoras, tangencial e axial. No tangencial, a trilha ocorre por impacto e no axial, por atrito, o que tende a causar menor índice de dano mecânico à semente.

## **Recepção e Secagem**

A recepção de semente é uma operação que requer um trabalho correto de amostragem, que é realizado inicialmente no compartimento de carga das carretas ou caminhões. Essa amostragem deve ser representativa, tomando-se amostras em diversos pontos da carga, tendo o cuidado para que a mesma seja amostrada em toda a sua profundidade. Essa operação pode ser realizada com amostradores manuais septados ou pneumáticos.

Na amostra coletada, deverão ser avaliados o grau de purezas física, e varietal, grau de umidade, índice de sementes quebradas, presença de esclerócios e avaliação prévia de peneiras para a operação de pré-limpeza.

A tecnologia de recepção de semente evoluiu para a utilização de moega vibratória, que propicia menores índices de dano mecânico à semente e é autolimpável, contribuindo para redução do risco da mistura varietal. Esse tipo de moega introduziu um novo conceito em termos de recepção, tornando-a num equipamento de transbordo ao invés de depósito temporário como tradicionalmente utilizada, que acarreta problemas nas qualidades física, varietal e fisiológica da semente.

A pré-limpeza é a primeira operação de remoção das impurezas grosseiras e finas da massa de semente. O equipamento utilizado (Fig. 2) deve ter recursos suficientes de ar, para a remoção das impurezas leves, e de peneiras, para a separação das impurezas grosseiras e finas. Essa operação é necessária para melhorar a fluidez da massa, devido às remoções efetuadas, facilitando o seu transporte, bem como prepará-la para a operação de secagem, se esta for requerida.

No caso de se receber semente úmida e ter de aguardar a secagem, recomenda-se que a matéria prima seja armazenada temporariamente em silos com alta taxa de aeração de no mínimo  $3 \text{ m}^3\text{t}^{-1}\text{min}^{-1}$ , para evitar perdas das qualidades fisiológica e sanitária da semente. Devido ao alto conteúdo de óleo da semente de girassol, o aquecimento da massa sem aeração adequada pode causar riscos de incêndio.

A operação de secagem é requerida para sementes com grau de umidade acima de 8% ou 7% para os genótipos com mais de 47% de óleo (Alimpic, 1981) e acima de 9,5% para os demais genótipos (Schuler et al., 1978).

Os principais fatores que afetam a taxa de secagem são o fluxo de ar, a sua temperatura e umidade relativa e o grau de umidade da semente. De maneira geral a taxa de secagem pode ser melhorada pelos aumentos do fluxo de ar, da temperatura e pela redução da umidade relativa do ar.

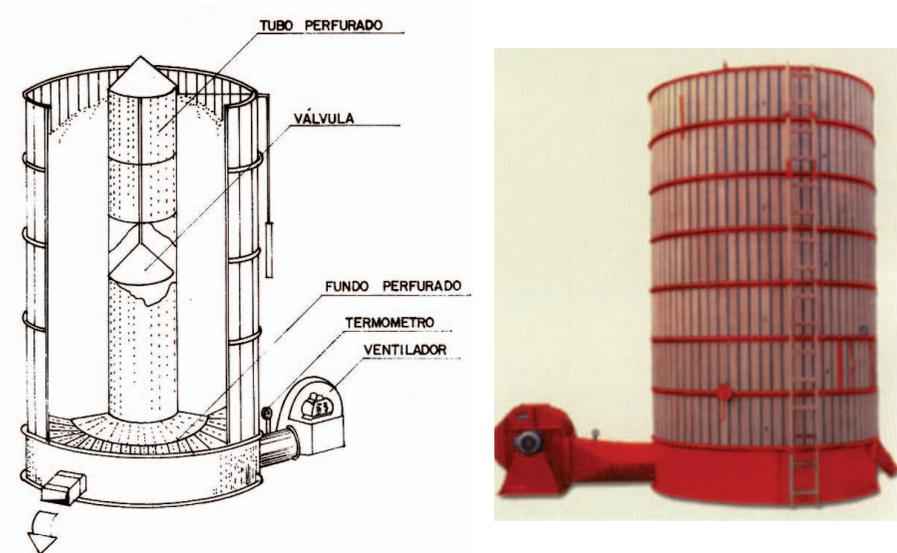


**Fig. 2.** Máquina de pré-limpeza.

Com o aumento da temperatura do ar de secagem, a sua capacidade de retenção com umidade aumenta e a sua umidade relativa diminui. Como regra geral (Schuler et al., 1978), um aumento de 11 °C na temperatura do ar, dobra a sua capacidade de retenção de umidade e reduz a umidade relativa à metade do seu valor original. Por exemplo, 280 m<sup>3</sup> de ar à temperatura de 16 °C e com 100% de umidade relativa contem 3,6 kg de água no estado de vapor, enquanto o mesmo volume de ar a 27 °C e 100% de umidade relativa contem 7,26 kg de vapor de água.

Na operação de secagem é importante monitorar as temperaturas do ar de secagem e da massa de semente, a umidade relativa do ar, o grau de umidade da semente e o tempo de secagem.

No Brasil, são disponíveis dois tipos de secadores para semente: secador estacionário com distribuição radial de ar (Fig. 3), que dispõe de fluxo de ar de 10 a 18 m<sup>3</sup>t<sup>-1</sup>min<sup>-1</sup>, com capacidade estática de carga estimada para girassol de 6 a 7 toneladas, com densidade média de 400 kg m<sup>-3</sup>; e secador intermitente (Fig. 4), que apresenta fluxos de ar de 20.000 a 67.500 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> e capacidade estimada de 12 a 38 toneladas de girassol.



**Fig. 3.** Secador estacionário com fluxo radial de ar. À esquerda, esquema do secador. À direita, foto do secador com detalhe da escada de semente do sistema de carga.



**Fig. 4.** Secador intermitente. À esquerda, foto do secador. À direita, foto de detalhe da torre de secagem.

No secador estacionário, a temperatura da massa de semente tende a equilibrar com a do ar de secagem. Portanto, as temperaturas do ar de secagem não devem exceder as listadas na Tabela 3. É importante que, nessas condições operacionais, a umidade relativa do ar de secagem não seja menor que 30%, para prevenir que danos de secagem excessiva ocorram à semente.

No secador intermitente, a secagem é realizada numa camada pouco espessa de semente, ao redor de 20 cm, em decorrência da estrutura da

**Tabela 3.** Temperaturas da massa de semente durante a secagem em função do seu grau de umidade.

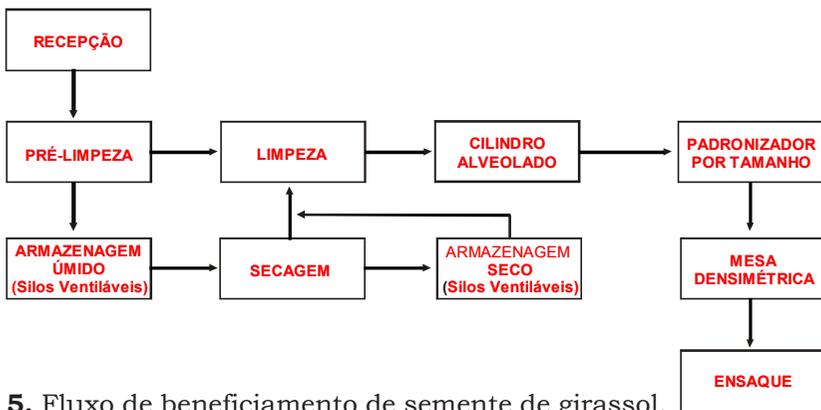
Grau de umidade %	Temperatura da massa °C
> 18	32
16 – 18	35
12-16	38
< 12	40

Fonte: Alimpic (1981).

torre de secagem ser em cavalete (Fig. 4). Portanto, a massa de semente, em movimento descendente, fica exposta por um curto período de contato com o ar quente, o que permite um gradiente diferencial de temperatura do ar de secagem de até 20 °C acima da temperatura da massa de semente, conforme a Tabela 3.

## Beneficiamento

Para o fluxo do beneficiamento de sementes de girassol sugere-se a sequência de etapas, conforme a Fig. 5.



**Fig. 5.** Fluxo de beneficiamento de semente de girassol.

Na operação de limpeza, o ideal é que a máquina de ventilador e peneiras tenha recursos de alimentação, através de eclusa reguladora de fluxo, que possibilite a distribuição uniforme da semente na largura total da peneira, sistema de separação pneumática duplo, ou seja, na entrada e na saída da máquina e inclinação e vibração de peneiras (Fig. 6).

As peneiras para a limpeza da semente de girassol são de chapa perfurada, com



**Fig. 6.** Máquina de ventilador e peneiras.

furos circulares, sugerindo a seguinte seqüência numa máquina de quatro peneiras (Vaughan et al, 1968):

- Primeira sapata - peneira superior de 12,75 mm a 9 mm
  - peneira inferior de 4 mm
- Segunda sapata - peneira superior de 12,75 mm a 9 mm
  - peneira inferior de 4,5 mm.

O cilindro alveolado (Trieur) permite complementar a operação de limpeza removendo pedaços de material inerte maiores que a semente (Fig. 7).



**Fig. 7.** Cilindro alveolado - Trieur. À esquerda, detalhe do cilindro, mostrando o sistema de ajustes. À direita, corte transversal do cilindro: A) parede do cilindro com seus alvéolos; B) calha ajustável para coleta da semente; C) borda da calha ajustável; D) rosca sem-fim na base do cilindro, que transporta o material rejeitado mais longo para fora do cilindro. A superfície interna cilindro é ilustrada à direita.

Fonte: Vaughan et al. (1968).

O padronizador por tamanho (Fig. 8) classifica as sementes em tamanhos distintos, visando atender à demanda do mercado, quanto à precisão de semeadura, uma vez que a cultura de girassol é estabelecida com redução da população de plantas por hectare.

As sementes de girassol, em regra geral são separadas em quatro tamanhos, através de peneiras de chapa de metal com furos circulares como segue:

- Primeira peneira - 5,50 mm
- Segunda peneira - 5,00 mm
- Terceira peneira - 4,75 mm
- Quarta peneira - 4,50 mm

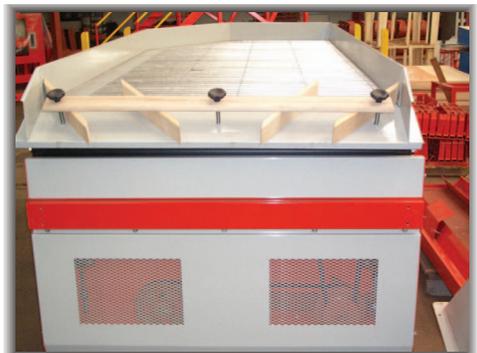


**Fig. 8.** Padronizador por tamanho.

A classificação da semente de girassol por densidade realizada pela mesa de gravidade (Fig. 9), propicia a melhoria da qualidade fisiológica do lote de semente, eliminando sementes imaturas, deterioradas e com dano mecânico, sendo, portanto, o equipamento de acabamento do processo de beneficiamento.

Antes do ensaque da semente, sugere-se a instalação de uma máquina dosadora e aplicadora de terra diatomácea, para prevenir a infestação da semente por insetos de armazenagem.

Para o ensaque da semente, existem no mercado vários modelos de ensacadoras, que podem ser selecionadas de acordo com as necessidades de fluxo e precisão.



**Fig. 9.** Mesas de gravidade.

É importante ressaltar que todo o cuidado deve ser tomado para minimizar a ocorrência de dano mecânico na operação de movimentação da semente, dano esse causado pelos equipamentos de transporte, fitas e elevadores. A velocidade máxima recomendada para o transporte da semente é de  $40 \text{ m min}^{-1}$ . Recomenda-se a utilização de elevadores de corrente, que são auto-limpáveis, fazem descarga por gravidade e não causam dano mecânico. Esse equipamento é construído em diferentes modelos, ou seja, totalmente aberto ou fechado e com sistema de transporte na horizontal e vertical, que permite maior flexibilidade no processo de transporte (Fig. 10).



**Fig.10.** Elevadores de corrente. À esquerda, elevador aberto. À direita, elevador fechado com transporte na horizontal e na vertical.

Além disso, deve-se utilizar escadas de semente na alimentação vertical descendente de silos, caixas reguladoras de fluxo e depósito de secadores, para evitar as conseqüências de quedas excessivas sobre a qualidade da semente (Fig. 11).



**Fig. 11.** Escada de semente para alimentação vertical de silos.

## Armazenamento

Devido ao seu elevado conteúdo de óleo, a semente de girassol é extremamente vulnerável às conseqüências de deterioração durante o processo de armazenagem. Portanto, as condições de umidade relativa e temperatura do ar devem ser constantemente monitoradas nos armazéns.

Girassol rico em óleo (> 47%), por requerer um baixo grau de umidade para sua conservação, ou seja, abaixo de 8% (Alimpic, 1981), as condições ambientais do armazém devem ser de 25°C ou menos de temperatura e de 60% ou menos de umidade relativa do ar (Tabela 4). Para as demais cultivares, o grau máximo de umidade tolerado é de 9,5%. Fungos de armazenagem, *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp., proliferam na semente em ambiente com umidade relativa acima de 75% (Schuler et al., 1978). Já foi relatada na literatura a incidência desses fungos em semente de girassol armazenada com 11% de umidade (Sallans et al., 1944, citados por Schuler et al., 1978).

Cuidados especiais devem ser tomados para evitar a migração de umidade das paredes e do piso do armazém às sementes. Recomenda-se o empilhamento sobre estrados de madeira ou sistema paletizado e um recuo de pelo menos 0,30 m das paredes do armazém. O topo da pilha deve estar pelo menos 5 m abaixo da cobertura do armazém, para usu-

**Tabela 4.** Equilíbrio higroscópico de semente de girassol de cultivares com diferentes teores de óleo, à temperatura de 25 °C.

Umidade relativa do ar (%)	Equilíbrio higroscópico (% água)	
	Girassol rico em óleo	Girassol comum
90	13,0	20,6
80	11,1	16,4
70	9,6	13,6
60	8,6	11,6
50	7,4	9,8
40	6,5	8,1
30	5,5	6,6
20	4,4	5,0
10	3,1	3,3

Fonte: Schuler et al. (1978).

fruir o isolamento térmico proporcionado por essa camada de ar, o que contribui para prevenir a deterioração da semente armazenada na parte superior da pilha, devido à possível ocorrência de maior temperatura nessa região.

No caso de semente genética e pequenos volumes de semente básica, recomenda-se o armazenamento em câmaras climatizadas, com temperatura de 10 °C e 50% de umidade relativa do ar, tendo em vista a sua preservação por um período mais prolongado.

## Controle de qualidade da semente

Esse procedimento se inicia na recepção, seguindo na secagem, no beneficiamento e durante o armazenamento.

Na recepção determina-se:

- A porcentagem de pureza física ocorrente na matéria prima que esta sendo recebida, para a definição das peneiras da máquina de pré-limpeza. Além disso determina-se o índice de sementes quebradas, para se inferir a qualidade fisiológica do lote de semente;
- A pureza varietal, através da observação dos descritores genéticos morfológicos da semente;

- O grau de umidade, para se definir a necessidade da operação de secagem;
- A presença de esclerócios, para se inferir a qualidade sanitária do lote de semente;
- Avaliação da qualidade fisiológica da semente recebida, pelos testes de germinação e de vigor.

Na secagem, monitora-se:

- As temperaturas do ar de secagem e a da massa de semente;
- A umidade relativa do ar de secagem;
- O grau de umidade da semente;
- Avaliação da qualidade fisiológica da semente, após a secagem, pelos testes de germinação e de vigor;

No beneficiamento monitora-se:

- A taxa de retenção de peneiras no padronizador de semente;
- A qualidade fisiológica da semente após o beneficiamento, avaliando-se a germinação e o vigor, observando-se, em especial, o índice de dano mecânico.

No armazenamento, monitora-se:

- O grau de umidade da semente;
- As qualidades fisiológica e sanitária e purezas física e varietal da semente. As qualidades fisiológica e sanitária devem ser realizadas por, pelo menos, duas vezes, uma vez no início da armazenagem e outra em pré-comercialização. Sugere-se, também, a realização de testes de emergência em canteiro com solo;
- As condições de temperatura e umidade relativa do ar em diversos pontos no armazém.

Diversos testes podem ser utilizados para a determinação do vigor da semente de girassol, tais como o envelhecimento acelerado (48 horas a 42°C), teste de frio, classificação de vigor das plântulas, comprimento de plântulas, condutividade elétrica, dentre outros (Krzyzanowski et al., 1999).

Além das avaliações acima sugeridas, recomenda-se a condução de parcelas de pós-controle, em caso de produção de sementes híbridas. Para tanto, semear em campo parcelas com 1.000 a 2.000 sementes amostradas de cada lote, para avaliar o fenótipo, determinando a porcentagem de hibridação obtida, que deverá ser igual ou superior a 95% (Bolson, 1981).

## Referências

- ALIMPIC, M. Specific characters of sunflower drying and storage. In: **Production and processing of sunflower**. Novi Sad: University of Novi Sad, 1981. p.187-212.
- BALLA, A.; CASTIGLIONI, V.B.R.; CASTRO, C. **Colheita do girassol**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1997. 25p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 92).
- BOLSON, E.L. **Técnicas para produção de sementes de girassol**. Brasília: EMBRAPA-SPSB, 1981. 27p. (EMBRAPA-SPSB. Circular Técnica, 1).
- BRAGACHINI, M.; MARTIN, A.; MÉNDEZ, A. Eficiencia de cosecha de girasol. In: DÍAZ-ZORITA, M.; DUARTE, A.G. (Ed.). **Manual práctico para el cultivo de girasol**. Buenos Aires: Hemisferio Sur, 2002. p.193-212.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Legislação brasileira sobre sementes e mudas**: Lei no. 10.711, de 5 de agosto de 2003, Decreto no. 5.153, de 23 de julho de 2004. Brasília: MAPA/SNPC, 2004. 122p.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.
- DIOS, C.A. Cosecha. In: AMARO, E. (Ed.) **Produccion de girassol**. Buenos Aires: Asociacion Argentina de Consorcios Regionales de Experimentacion Agrícola, 1994. p.99-106. (Caderno de actualizacion tecnica, 40).
- DIOS, C.A. de Cosecha de girasol In: MOLESTINA, C.J. (Ed.) **Manejo del cultivo, control de plagas y enfermedades del girasol**. Montevideo: IICA, 1988. p.201-209.
- ESCASINAS, A.B.; HILL, M.J. Stress cracks during seed corn drying. **Zemedelska Technika**, v.40, n.1, p.3-14, 1994.
- HENNING, A.A.; FRANÇA NETO, J.B. Control of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) De Bary and *Alternaria* spp. in sunflower seeds. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 11., 1985, Mar del Plata. **Proceedings...** Toowoomba: International Sunflower Association, 1985. v. 2. p.375-378.
- JANCIC, V. Commercial hybrid seed. In: **Production and processing of sunflower**. Novi Sad: University of Novi Sad, 1981. p.251-256.
- KOSOVAC, Z. The application of herbicides for the weed control in sunflower production. In: **Production and processing of sunflower**. Novi Sad: University of Novi Sad, 1981. p.172-179.
- KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. 218p.

LEITE, R.M.V.B.C. Doenças do girassol (*Helianthus annuus* L.). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; REZENDE, J.A.M. **Manual de Fitopatologia**: doenças das plantas cultivadas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. v.2, p.427-449.

PEREYRA, V.; ESCANDE, A. R. **Enfermedades del girasol en la Argentina**: manual de reconocimiento. Balcarce: INTA, 1994. 113p.

SCHULER, R.T.; HIRMING, H.J.; HOFMAN, V.L.; LUNDSTROM, D.R. Harvesting, handling, and storage of seed. In: Carter, J.F. (Ed.) **Sunflower science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 1978. p.145-167.

SKORIC, D. Development of sunflower hybrids on the basis of cytoplasmic male sterility. In: **Production and processing of sunflower**. Novi Sad: University of Novi Sad, 1981. p.84-106.

SMITH, D.L. Planting seed production. In: CARTER, J. F. (Ed.). **Sunflower science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 1978. p. 371-386.

TOURVIELLE DE LABROUHE, D.; PILORGÉ, E.; NICOLAS, P.; VEAR, F. **Le mildiou du tournesol**. Paris: CETIOM: INRA, 2000. 176p.

VAUGHAN, C.E.; GREGG, B.R.; DELOUCHE, J.C. **Seed processing and handling**. Mississippi State: Mississippi State University, 1968. 295p.

VIDAL, R.A.; FLECK, N.G. Antecipação da colheita do girassol através da dessecação das plantas com herbicidas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.28, n.5, p.585-591, 1993.

VRÂNCEANU, A.V. **El girassol**. Madri: Editora Mundi Prens, 1977. 375p.



José Miguel Silveira  
César de Mello Mesquita  
Fernando Antônio Fonseca Portugal

## **Introdução**

A colheita é uma das últimas operações realizadas no campo, finalizando o processo de produção agrícola de determinada espécie vegetal. Em alguns sistemas agrícolas, o manejo dos restos vegetais idealizaria o encerramento de um processo parcialmente extrator de produção, fazendo retornar ao solo os elementos nutritivos que não foram carreados por sementes ou grãos, frutos, tubérculos, legumes, vagens etc.

Nos primórdios da agricultura, toda operação de colheita era realizada manualmente (Balastreire, 1987). Com o aumento das populações e a necessidade da produção de mais alimentos, paradoxalmente a um número de pessoas empregadas na agricultura cada vez menor, as operações de colheita começaram a ser mecanizadas.

A colheita mecanizada de girassol, não só no Brasil como em países onde a cultura é tradicionalista, representa um grande desafio, por causa de características da planta e do grão (Silveira et al., 1993).

A rentabilidade do cultivo de girassol está diretamente relacionada com as condições em que se realizou a exploração, as técnicas de manejo empregadas e como se apresenta a lavoura no momento da colheita (Bragachini et al., 1991). Todos os cuidados e esforços aplicados durante o cultivo, ou seja, para a semeadura, o crescimento e o desenvolvimento das plantas serão desperdiçados, caso a colheita não seja eficientemente realizada.

## **Época da colheita de girassol**

A época da colheita do girassol é determinada em função do ponto de maturação fisiológica, do teor de umidade dos aquênios (sementes) e da

mudança de coloração do dorso do capítulo (Rossi, 1998; Hofman et al., 1997; Balla et al., 1995; Castro et al., 1996; Vrânceanu, 1977; Bragachini et al., 1991).

A fase de maturação fisiológica do girassol é alcançada quando a parte posterior ou dorsal do capítulo apresenta coloração amarela (Schuler et al., 1978; Schneiter & Miller, 1981). Vrânceanu (1977), reportando-se a esse aspecto, afirma que a utilização da mudança de coloração do capítulo para a determinação do ponto de colheita é um parâmetro muito difícil e subjetivo; ele atesta que o período final da fase de enchimento de grãos poderá ser determinado pelo teor de umidade dos mesmos, considerando que se chega a essa fase com 38% a 40% de umidade nos grãos. Na Argentina (INTA, 1983), há recomendação de um modo prático de iniciar a colheita quando 80% a 90% dos capítulos de girassol apresentam coloração variável de amarelo-castanho a castanho, o que corresponderia a um teor médio de umidade no grão variando de 14% a 16%. Uma seqüência na variação de cores dos capítulos (Fig. 1), a medida que secam, é apresentada por Rossi (1998): a cor verde-amarelada representa de 34% a 36% de umidade nos grãos; a cor amarela, 30%; a cor amarelo-castanha, 24%; a cor castanha, 18% e, por fim, a cor castanho-escura de 12% a 14% de umidade. Esse autor afirma ainda que a colheita do girassol no ponto de maturação fisiológica, ou seja, quando 75% a 95% dos capítulos apresentam coloração amarelada, poderá ser realizada manualmente, mediante o corte e a secagem no campo, com trilha posterior, quando a umidade dos grãos atingir de 10% a 12%. Esse método de colheita é utilizado muitas vezes, segundo o autor, para colher lotes de produção de semente, contudo não seria adequado para grandes áreas.

A umidade do grão está intimamente relacionada aos processos de recolhimento, trilha, manejo e armazenagem, e deve ser considerada para que o resultado do trabalho seja a obtenção de um produto com o menor dano possível, acarretando, por conseguinte, menores perdas na colheita (Rosa, 1986).

Grodzki (1976) não recomenda a colheita quando os aquênios estiverem com a umidade acima de 11%, pois o processo não acompanhado de secagem imediata proporciona condições favoráveis ao desenvolvimento e a disseminação de fungos e outros microorganismos, o que tende a manchar os aquênios.

Segundo Castiglioni et al. (1994), o período de maturação de colheita caracteriza-se pela perda de água dos aquênios e pode durar de 20 a 30 dias, de acordo com a velocidade de perda da umidade. Genótipos de girassol



**Fig. 1.** Variação na coloração do dorso do capítulo de girassol, observada nas fases de desenvolvimento compreendidas entre o final do florescimento e o ponto de colheita, de acordo com Schneider & Miller (1981).

com receptáculo de espessura reduzida apresentam maior facilidade para perder água e atingem mais rapidamente o ponto de colheita ideal.

Em síntese, a umidade dos aquênios e dos capítulos de girassol são os fatores determinantes e indicativos do momento de iniciar a colheita; a semente pode apresentar teor de umidade ao redor de 14%, enquanto os capítulos ainda encontram-se muito úmidos, com valores iguais ou superiores a 60% de umidade (De Dios & Mur, 1987). Uma boa recomendação é fazer a colheita quando a semente tem um teor de umidade de 14% a 16%, situação em que aproximadamente 80% dos capítulos apresentam coloração marrom-escura (Balla et al., 1995). Segundo Bragachini et al. (2002), sempre que possível, a colheita deve ser feita quando a umidade dos aquênios de girassol estiver entre 11% e 13%, apesar de, em certas condições de desenvolvimento da lavoura, faz-se necessário colher antecipadamente (umidade acima de 16%) ou com atraso (umidade abaixo de 9%).

### **Antecipação da colheita**

A vantagem da antecipação da colheita do girassol é disponibilizar a área de cultivo mais cedo para as espécies subseqüentes (De Dios & Mur, 1987), além de minimizar as perdas na produção causadas por ataque de pássaros, doenças de final de ciclo, quebramento e acamamento de plantas e deiscência de grãos.

Por outro lado, há a desvantagem de transferir para os aquênios a umidade presente no capítulo, no momento em que ocorre a prensagem no sistema de trilha junto ao cilindro, situação essa que dificulta a limpeza do lote. Ao comprometer a qualidade do produto pela maior dificuldade de limpeza, pode-se aumentar a quebra de grãos para 25% a 30% (Castro et al., 1996; Balla et al., 1995). Além disso, deve-se considerar os custos e os cuidados adicionais com a secagem do produto.

### **Atraso na colheita**

Alguns produtores preferem atrasar o momento da colheita com o intuito de fazer com que os aquênios de girassol percam mais umidade e atinjam, assim, teores de umidade mais próximos da base de comercialização estipulada pelas indústrias esmagadoras, que é cerca de 11%. Por outro lado, a colheita atrasada faz aumentar os riscos de perdas ocasionadas por pássaros, pelo acamamento e pela quebra de plantas, pelo desprendimento de grãos e por doenças eventuais, além da

maior porcentagem de grãos descascados nos processos de trilha e limpeza (Castro et al., 1996), ocasionando queda considerável no rendimento de grãos (Balla et al., 1995).

## **Organização da colheita**

Na produção de girassol, é importante levar em consideração o planejamento da colheita. O girassol deve ocupar, no máximo, 25% da área total da propriedade, observando um esquema de rotação de culturas de quatro anos. Para melhorar a eficiência do trabalho das colhedoras disponíveis, o produtor deve parcelar a sementeira, com a utilização de genótipos de diferentes ciclos, semeando primeiramente os mais tardios. Dessa maneira, é possível realizar a colheita de forma contínua, mantendo as mesmas condições ideais de colheita, em todos os talhões. Mesmo assim, o período da colheita não deve ultrapassar 20 dias, evitando, assim, perdas acentuadas na fase final. Para tanto, levar em consideração que a área calculada por colhedora, dependendo do tipo de máquina e de plataforma, deve oscilar entre 150 e 200 ha (Balla et al., 1995).

Atenção especial deve ser dada para a compatibilização da colheita com o transporte do produto. Devido ao pequeno peso específico dos grãos de girassol, a capacidade de transporte diminui em torno de 51%, quando comparado ao milho e à soja. Segundo Szendrô (1980), citado por Balla et al. (1995), o peso dos grãos no depósito da colhedora oscila entre 360 e 380 kg m<sup>-3</sup>. Em condições de limpeza eficiente, esse valor pode chegar a 400 kg m<sup>-3</sup>.

## **Métodos de colheita de girassol**

A colheita de girassol pode ser realizada de forma manual ou mecânica e é influenciada por vários fatores de produção, como tamanho da área, disponibilidade de mão-de-obra e/ou máquina colhedora, investimentos, tecnologia de produção adotada, entre outros.

### **Colheita manual**

A operação de colheita manual de girassol pode, segundo Grodzki (1976), ser realizada de três modos:

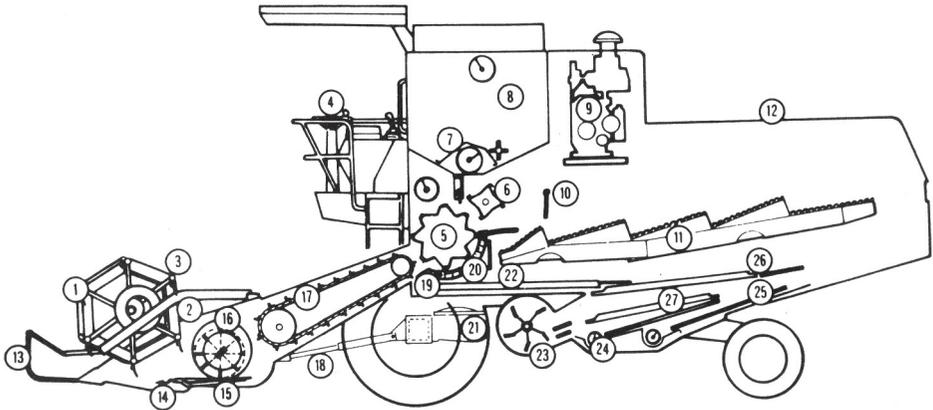
- a) os capítulos são separados das plantas por meio de um golpe com algum tipo de elemento cortante (facão, tesoura de poda) sobre a haste, em um ponto próximo à inserção do capítulo. Com um novo golpe, aponta-se a haste (com corte em bisel) que está de pé. Sobre a haste assim cortada, crava-se o capítulo com os aquênios voltados para baixo. Assim, eles ficam protegidos das chuvas e dos pássaros, completando a secagem. Quando os capítulos estiverem secos, são levados para locais adequados para a debulha;
- b) após o ponto de maturação fisiológica, quando as amêndoas não estão mais leitosas, dobra-se ou torce-se a haste da planta. Quando os capítulos completarem sua maturação, são colhidos e levados para o local da debulha; e
- c) os capítulos são cortados com facão, amontoados no chão ou diretamente carregados em carretas para imediata secagem em terreiros. Aí são colocados em finas camadas, com viradas ocasionais, para completar a secagem.

A operação de colheita manual, da mesma forma que os demais processos manuais, é de baixa capacidade operacional e, portanto, viável economicamente na produção de sementes e na exploração de produtos de elevado valor agregado como o girassol destinado para a alimentação de pássaros e do tipo confeiteiro usado para consumo humano.

### **Colheita mecanizada de girassol**

Para grandes áreas de lavouras de girassol, o emprego de colhedoras combinadas faz-se necessário (Grodzki, 1976), porque quanto mais tempo as plantas permanecerem no campo, maiores serão as perdas na quantidade e na qualidade do produto colhido.

Quando um equipamento realiza as operações de corte, recolhimento, triilha, separação e limpeza, diz-se que a colheita é mecanizada. Se a máquina utilizada para a realização dessas operações for também autopropelida, ela é chamada de colhedora combinada ou simplesmente combinada (Balastreire, 1987). Independentemente da forma de acoplamento da colhedora à fonte de potência, ela dispõe normalmente de diversos sistemas com funções específicas, tais como alimentação, corte, triilha, separação e limpeza (Fig. 2).



- |                                    |  |
|------------------------------------|--|
| 1. Molinete                        | 15. Plataforma de corte                        |
| 2. Cilindro hidráulico do molinete | 16. Sem-fio da plataforma do cilindro          |
| 3. Variador hidráulico do molinete | 17. Esteira do alimentador do cilindro         |
| 4. Direção e comandos hidráulicos  | 18. Cilindro hidráulico da plataforma de corte |
| 5. Cilindro de trilha              | 19. Captador de perdas                         |
| 6. Batedor                         | 20. Côncavo                                    |
| 7. Sem-fio do tanque graneleiro    | 21. Caixa de transmissão                       |
| 8. Tanque graneleiro               | 22. Bandeirão                                  |
| 9. Motor                           | 23. Ventilador                                 |
| 10. Lona de retenção do cereal     | 24. Elevador de grãos                          |
| 11. Saca-palhas                    | 25. Caixa de peneiras                          |
| 12. Capô traseiro                  | 26. Peneira superior regulável                 |
| 13. Divisor                        | 27. Peneira inferior regulável                 |
| 14. Navalha de corte               |  |

**Fig. 2.** Identificação esquemática das partes constitutivas de um equipamento colhedor automatizado.

Fonte: Mesquita et al. (1998).

## Sistemas componentes padrões de colhedoras autopropelidas

### Sistemas de alimentação, corte e recolhimento

Os mecanismos de alimentação e corte das colhedoras diferem, caso a espécie a ser colhida seja girassol, soja, trigo ou milho.

As operações de alimentação, corte e recolhimento são realizadas por um conjunto único conhecido pelo nome de plataforma, que é acoplada na parte frontal do equipamento colhedor. As plataformas atualmente utilizadas para a colheita mecanizada de girassol compreendem tipos específi-

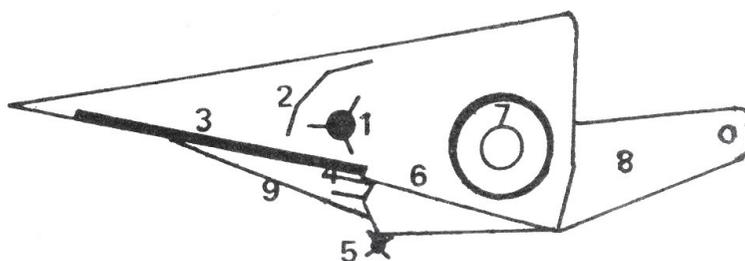
cos e adaptados. Os primeiros são construídos especialmente para a cultura do girassol, sendo conhecidas como plataformas “girassoleiras”, enquanto que os tipos adaptados são originalmente utilizados nas culturas de soja, trigo e milho e que, com algumas modificações, podem ser eficientemente empregadas na cultura do girassol.

O uso correto da plataforma é de suma importância para a colheita do girassol porque aproximadamente 60% a 65% das perdas totais de grãos produzidas pela colhedora estão concentradas nos sistemas de alimentação, corte e recolhimento (De Dios & Mur, 1987).

### Plataforma “girassoleira”

No mercado agrícola dos países onde o cultivo de girassol é tradicional, existem as plataformas “girassoleiras” integrais, onde todos os componentes são fixos e especialmente desenvolvidos para a colheita dessa oleaginosa. São de fácil acoplagem na colhedora automotriz e recomendadas para grandes áreas produtoras de girassol, apresentando, porém, um custo maior em relação aos sistemas alternativos adaptados (De Dios & Mur, 1987).

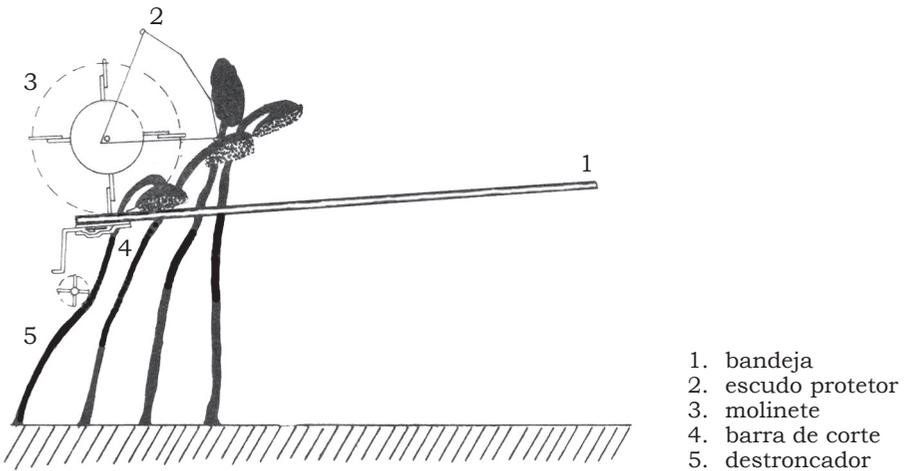
Esse tipo de plataforma é composto de vários elementos, destacando-se, principalmente, os seguintes: molinete, bandejas, barra de corte, condutor helicoidal (sem-fim) e destroncador (Fig. 3 e 4).



- |                    |   |
|--------------------|---|
| 1. molinete        | 6. superfície de recolhimento da plataforma |
| 2. escudo protetor | 7. condutor helicoidal                      |
| 3. bandeja         | 8. esteira transportadora                   |
| 4. barra de corte  | 9. haste de sustentação da bandeja          |
| 5. destroncador    |   |

**Fig. 3.** Desenho esquemático (corte lateral) dos componentes da plataforma “girassoleira”.

Fonte: Bragachini et al. (1991).



**Fig. 4.** Desenho esquemático da colheita com plataforma “girassoleira”, destacando as ações da bandeja, do escudo protetor, do molinete, da barra de corte e do destroncador sobre as plantas de girassol.

Fonte: Bragachini et al. (1991).

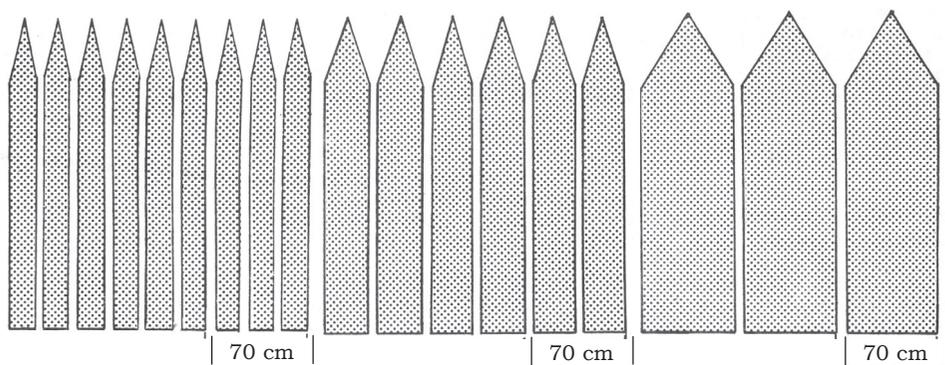
## Molinete

O molinete tem por finalidade orientar o material que será cortado em direção à barra de corte, de forma que, imediatamente após o corte, seja empurrado para a região de ação do condutor helicoidal (Balastreire, 1987). Movido por seu eixo central, o molinete, para desempenhar sua função, é construído por três ou quatro flanges verticais, nas quais estão fixadas seis barras horizontais com pentes de molas.

A velocidade linear (rotação) do molinete deve ser semelhante à velocidade de avanço da colhedora (Bragachini et al., 1991). Se o molinete trabalha em um ritmo menor ou mais lento, não conduz de maneira satisfatória o material colhido sobre a barra de corte, fazendo com que ocorram embuchamentos; por outro lado, se gira muito rapidamente, incide agressivamente sobre as plantas de girassol, provocando, pelo choque, a debulha dos grãos. Também deve-se observar o espaço existente entre os pentes do molinete e os canais entre as bandejas; se esse espaço é muito pequeno, os dentes do molinete cravam os capítulos nesses canais, provocando a debulha; ao contrário, se o molinete encontra-se muito alto, os capítulos de girassol acumulam-se entre a barra de corte e o condutor helicoidal, provocando perda de capítulos e debulha.

## Bandejas

As bandejas, que são os elementos mais característicos desse tipo de plataforma, têm a função não só de enfileirar as plantas de girassol como também de recolher os grãos que caem dos capítulos, já que, quanto mais seco o cultivo, maior a probabilidade de debulha de grãos do capítulo de girassol (De Dios & Mur, 1987). A largura das bandejas é variável, podendo situar-se entre 15 cm e 70 cm (Fig. 5). A separação entre elas varia de 4 cm a 10 cm e, em alguns equipamentos, é regulável, adaptando-se, assim, ao diâmetro do caule e a diferentes arranjos de espaçamentos entre fileiras, evitando, desse modo, as perdas de capítulos pequenos que poderiam passar por entre as mesmas. É importante que as bandejas estejam sempre inclinadas em direção à máquina, com a parte anterior em um nível mais baixo, de modo a permitir que as sementes que ali caíam sejam conduzidas para o interior da plataforma e não se percam. A vibração das bandejas produzida pelos desníveis do terreno também auxilia na condução do produto colhido para o interior do equipamento colhedor. As bandejas de 70 cm de largura apresentam a vantagem de proporcionar menor perda de capítulos e grãos soltos, pelo fato de preencher todo o espaço entre linhas do girassol, além de não permitir que as ervas daninhas situadas entre os sulcos penetrem na plataforma, aumentando, com isso, a quantidade de impurezas. Por outro lado, a utilização de bandejas com essa dimensão exige, para maior eficiência, que os cultivos sejam bem semeados, que as fileiras mantenham-se eqüidistantes e, principal-



**Fig. 5.** Desenho esquemático da disposição de bandejas largas e estreitas utilizadas na plataforma “girassoleira”, com base no espaçamento entre fileiras de 70 cm mais indicado para a cultura de girassol.

Fonte: Bragachini et al. (1991).

mente, que a distribuição das plantas na linha seja uniforme. Bandejas mais estreitas, por sua vez, permitem que a colheita possa ser realizada em lavouras de girassol com todos os tipos de espaçamentos entre linhas utilizados.

O deslocamento da máquina equipada com a plataforma “girassoleira”, na lavoura de girassol, faz com que as bandejas guiem as plantas até a zona de corte, recolhendo o desgrane provocado pelo choque dos capítulos. Os caules, em contato com o destroncador, são tracionados para baixo, sendo cortados pela barra de corte em ponto próximo ao capítulo e conduzidos ao eixo helicoidal (sem-fim) pelo molinete. Se as regulagens foram bem feitas, os capítulos são recolhidos com pouco talo, o que facilita as operações de trilha, separação e limpeza.

## **Barra de corte**

A barra de corte da plataforma é constituída basicamente de navalhas, dedos duplos (com ou sem navalhas), régua oscilante, guardas, placas de apoio e de desgaste, grampos e barra-guia (Balastreire, 1987). A faca é conectada à barra onde são rebitadas as seções. Na extremidade da barra, há a cabeça, que tem uma rótula esférica para ligação com a biela, a qual recebe o movimento alternativo de um volante com uma manivela. A barra da faca fica por baixo das seções de corte e opera em um canal formado pelas placas de desgaste e a placa horizontal de suporte. As seções da faca são triangulares, com cantos em 60°, e os cantos traseiros de cada seção são retangulares, de forma que uma seção se apoia na seção ao lado. As seções da faca devem ser mantidas sempre bem afiadas, pois se cegas podem aumentar o esforço necessário para tracionar a barra em até 35%, além de não executar um bom trabalho de corte. As guardas são peças de aço fundido, apontadas na frente, destinadas a separar e guiar os caules das plantas que são cortados pelas seções da faca. A placa de apoio, também chamada placa da guarda, é ligeiramente mais larga na parte traseira e é presa à guarda através de rebites. Sua função, como o próprio nome indica, é servir de apoio ao material que será cortado pela faca. As seções da faca movimentam-se sobre o topo da placa de apoio e produzem uma ação cisalhante, como acontece em tesouras. Para uma perfeita ação cisalhante, deve haver firme contato entre as seções da faca e as respectivas placas de apoio. As placas de desgaste localizadas na parte posterior da barra de corte mantêm as pontas de cada seção de corte abaixadas em relação à placa de apoio, para assegurar o contato mencio-

nado anteriormente. As placas de desgaste são colocadas a intervalos regulares na barra de corte, fixas por dois parafusos, os quais fixam também normalmente duas guardas à barra de corte. As placas de desgaste possuem furos oblongos, de modo que se pode mover as placas de desgaste para a frente, à medida que elas se desgastam, assegurando um perfeito contato da placa com a barra da faca e da barra da faca contra a parte posterior das placas de apoio. A parte traseira das seções da faca projeta-se atrás da barra da faca e movimenta-se sobre a placa de desgaste. Quando as placas se desgastam, a faca se inclina para trás e as pontas das seções não tocam mais a placa de apoio, quando, então, as placas devem ser substituídas. Os grampos de fixação auxiliam a manter a faca em seu lugar e impedem que pule fora da sua ranhura. Os grampos são maleáveis e podem ser fletidos para baixo, à medida que ocorra algum desgaste dos mesmos.

### **Condutor helicoidal (caracol)**

O condutor helicoidal, mais popularmente conhecido como “caracol ou sem-fim”, é constituído por um cilindro ôco que se estende após e por toda a largura da barra de corte, dividido em três seções, sendo duas laterais, dispostas de lâminas helicoidais, que conduz o material para o centro da plataforma todo o material cortado. Na seção central, o caracol possui uma série de dedos retráteis reguláveis, montados num eixo excêntrico do interior do cilindro ôco, cujo objetivo principal é auxiliar na transferência do material recolhido para a esteira alimentadora.

### **Destroncador**

O destroncador é caracterizado por um eixo dentado colocado sobre a barra de corte, que se estende por toda a largura da plataforma “girassoleira”. Com ação rotatória perpendicular ao sistema de corte, trabalha tracionando o caule da planta de girassol para baixo, fazendo com que o corte seja realizado o mais próximo possível dos capítulos.

Em algumas regiões produtoras de girassol do mundo, devido à condições edafoclimáticas próprias, onde as cultivares de girassol apresentam características de altura elevada, a utilização do destroncador é fundamental e necessária para que diminua a quantidade de material vegetal a ser processado pela colhedora.

## **Plataforma convencional de cereais adaptada**

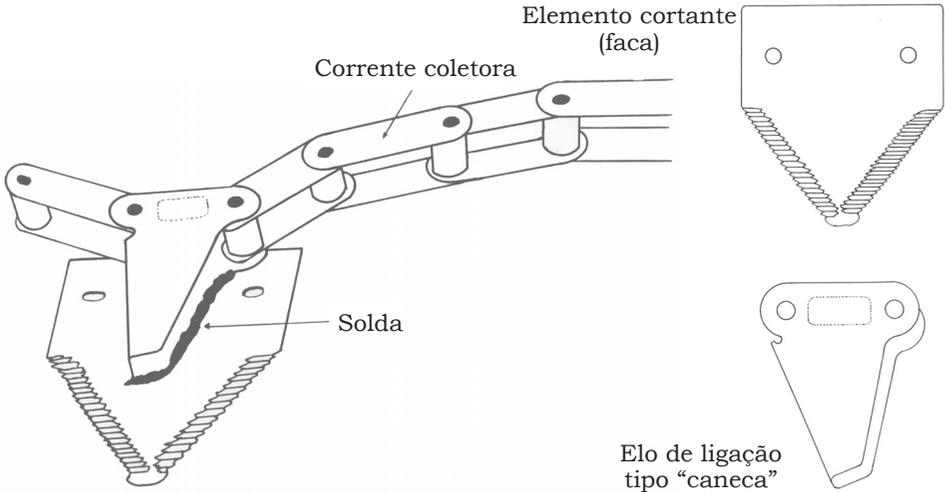
Montado sobre a plataforma convencional de soja e trigo, a adaptação desse equipamento para a colheita do girassol é feita retirando o molinete original e colocando bandejas recolhedoras (Bragachini et al., 1991).

O material cortado deve ser levado até o mecanismo de trilha, independentemente do tipo de colhedora. Nas colhedoras combinadas, o mecanismo de alimentação é uma esteira transportadora formada de correntes longitudinais, com taliscas transversais, as quais raspam o material sobre o fundo trapezoidal, elevando-o e colocando-o no mecanismo de trilha (Balastreire, 1987).

## **Plataforma convencional de milho adaptada**

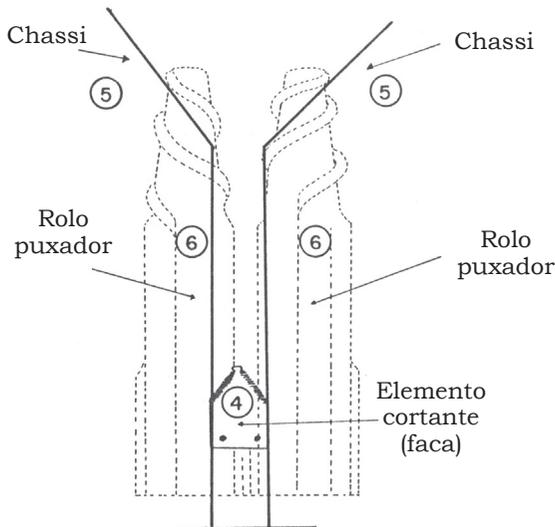
A plataforma original de milho é constituída por separadores para cada linha a ser colhida, existindo na parte inferior dos separadores, de cada lado da linha a ser colhida, uma corrente com dentes (elos de ligação tipo caneca) espaçados regularmente, cuja finalidade é empurrar para dentro da máquina as espigas de milho que são colhidas (Balastreire, 1987). Sob as correntes coletoras, existem, para cada linha a ser colhida, dois rolos “espigadores” ou puxadores, que giram em sentido contrário, de forma a empurrar os colmos das plantas de milho para baixo, liberando as espigas, as quais são empurradas para dentro da plataforma, como descrito anteriormente. Na parte posterior da plataforma, existe um condutor helicoidal, sem dedos retráteis, que coleta as espigas no centro ou em um dos lados da plataforma, conforme o tipo de plataforma.

A adaptação feita pela Embrapa Soja na plataforma de milho para a colheita de girassol (Silveira et al., 1993) consiste em instalar elementos cortantes (facas ou navalhas) em todos os elos de ligação tipo caneca das correntes coletoras e no chassi, acima dos rolos puxadores (Fig. 6 e 7). Esses elementos cortantes devem ser, preferencialmente, soldados, para que haja uma melhor fixação e diminuição do risco de desprendimento, que pode causar perigo e dano, não só no equipamento colhedor, como também as pessoas envolvidas com a operação de colheita. O elemento fixo no chassi, também denominado de “contra-faca”, deve estar localizado em ponto específico onde se inicia o tracionamento das plantas de girassol pelos rolos puxadores; a fixação da contra-faca em local distinto representará fator de perda na produção, pela excessiva movimentação da planta, com conseqüente debulha de grãos. A altura de trabalho da plata-



**Fig. 6.** Desenho esquemático do elemento cortante (faca) que é soldado no elo de ligação tipo "caneca" da corrente coletora da plataforma convencional de milho adaptada para a colheita mecanizada de girassol.

Fonte: Silveira et al. (1993).

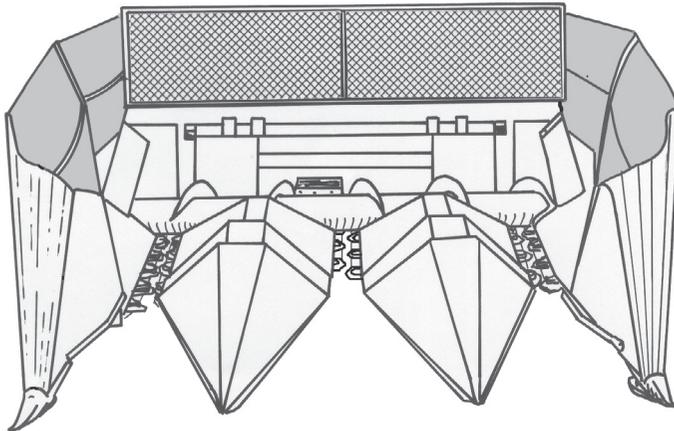


**Fig. 7.** Desenho esquemático do elemento cortante (contra-faca) fixado no chassi, acima dos rolos puxadores, da plataforma convencional de milho adaptada para a colheita mecanizada de girassol.

Fonte: Silveira et al. (1993).

forma deve ser ajustada, para que o corte do caule ocorra o mais próximo possível dos capítulos de girassol.

De acordo com Balla et al. (1995) e Castro et al. (1996), o uso da plataforma de milho adaptada para a colheita do girassol é mais eficiente quando comparada com outras plataformas adaptadas, por permitir maior velocidade de trabalho (7 a 9 km h<sup>-1</sup>), com menor perda de grãos, não só durante o recolhimento das plantas, como nos valores observados de toda a operação de colheita. Outro aspecto importante destacado pelos autores é o da facilidade de adaptação de elementos para a elevação das alturas laterais e posterior da plataforma, aumentando-se, assim, a área de captação (Fig. 8), fundamentada em um custo relativamente baixo e passível de ser realizada na propriedade rural.



**Fig. 8.** Desenho esquemático das elevações laterais e da parte posterior, e das ponteiros arredondadas indicadas na adaptação da plataforma convencional de milho para a colheita mecanizada de girassol.

Fonte: Silveira et al. (1993).

## Sistemas de trilha, separação e limpeza

### Mecanismos de trilha

A operação de trilha/debulha é considerada de suma importância no processo de colheita, pois vai determinar a qualidade do material colhido (Mesquita et al., 1998). O girassol é um cultivo relativamente fácil de tri-

lhar e deve receber um tratamento não muito agressivo de mecanismos de trilha, caso contrário sofre perda de qualidade pelo aumento do percentual de quebra de grãos e da presença de impurezas no produto colhido (Bragachini et al., 2002).

Pequenas quantidades de girassol podem ser trilhadas manualmente, esfregando um capítulo contra outro até que os aquênios se desprendam (Grodzki, 1976). Os métodos de batimentos com varas, abrasão por superfícies ásperas, ou passar o trator por cima dos capítulos esparramados no terreiro também podem ser usados. O uso de trilhadeiras estacionárias facilita bastante o processo de trilha; nesse caso, os capítulos secos são trilhados e abanados, eliminando-se restolhos e outras matérias estranhas.

Segundo Balastreire (1987), os mecanismos de trilhas utilizados nas colhedoras automotrizes são basicamente de três tipos: cilindro de dentes e côncavo (usado para a cultura do arroz), cilindro de barras e côncavo, e cilindro axial (recomendados para a maioria dos cultivos).

No cilindro de barras, que é o mais comumente usado, existem cinco ou seis flanges sobre as quais são rebitadas as barras, construídas em aço com ranhuras. O côncavo é construído com 8 ou 14 barras lisas, dispostas em pé, no sentido do comprimento do cilindro, de forma a permitir que os grãos trilhados passem para as peneiras de separação colocadas abaixo e atrás do cilindro. A folga entre o côncavo e o cilindro é ajustável na frente e atrás, para obter a desejada ação de trilha. A luz ou a abertura entre o cilindro e o côncavo deve estar regulada de acordo com a umidade e o tamanho médio dos capítulos; se grandes, necessita uma separação maior e, vice-versa, regula-se para uma menor separação, se os capítulos são pequenos.

Em outro tipo, cilindro e côncavo são colocados axialmente em relação ao fluxo de alimentação do material colhido.

Atrás do cilindro trilhador pode existir, em algumas colhedoras, um cilindro batedor, cuja principal função é diminuir a velocidade do material trilhado e retirar a palha que eventualmente fique retida no cilindro trilhador.

A eficiência da trilha depende, segundo Bragachini et al. (1991), do estado da cultura, da umidade dos capítulos, do comprimento dos caules que ingressam no cilindro, da presença de plantas daninhas e do índice de alimentação da colhedora. Ainda segundo os mesmos autores, também depende da regulação do mecanismo de trilha quanto à velocidade

do cilindro, à abertura entre cilindro e o côncavo e do tipo de côncavo usado (Tabela 1). Um cilindro bem regulado deve trilhar em torno de 98% dos grãos cheios (com amêndoa), deixando passar os grãos chochos que vão aderidos aos capítulos, que devem sair da colhedora inteiros, o que atestará a boa regulagem do sistema de trilha. Para as condições brasileiras, Castro et al. (1996) afirmam que a rotação do cilindro trilhador de barra, normalmente utilizado na colheita de girassol, depende do teor de umidade dos aquênios e, em geral, deve variar entre 300 e 500 rotações por minuto. Deve-se escolher sempre as menores rotações nas colheitas com baixo teor de umidade nos grãos e nas plantas. A abertura entre o cilindro trilhador e o côncavo deve ser ajustada para 20 a 25 mm na entrada e 18 a 20 mm na saída, dependendo da forma e do tamanho dos capítulos e do teor de umidade dos grãos. Vrânceanu (1977) apresenta os valores de 25-30 mm de distância entre cilindro e côncavo na entrada e de 12-18 mm na saída, destacando, ainda, que o cilindro deve trabalhar com 400-600 rpm. Ajustando adequadamente a abertura do côncavo, os capítulos saem da trilha inteiros e completamente debulhados (Balla et al., 1995).

**Tabela 1.** Valores de regulagem dos mecanismos de trilha (cilindro e côncavo) usados para a cultura do girassol na Argentina.

Umidade do girassol (%)	Velocidade do cilindro (m s <sup>-1</sup> )	Velocidade do cilindro (rpm) em função do seu diâmetro (mm)				Abertura entre o cilindro e o côncavo (mm)	
		510	560	610	660	Frente	Atrás
< 11 %	13,40	502	475	420	387	35	25
> 14 %	15,55	675	598	550	507	25	20

Fonte: Bragachini et al. (2002)

## Mecanismos de separação

Após a ação do cilindro de trilha sobre o material admitido, tem-se uma mistura de palha triturada - não triturada e grãos debulhados - não debulhados (Balastreire, 1987), que chega ao sistema de separação da colhedora.

Segundo a Embrapa Soja (2000), a unidade de separação possui os seguintes componentes: batedor, extensão regulável do côncavo, saca-pa-

lhas e cortinas retardadoras. O batedor recebe o material proveniente do cilindro e do côncavo, realiza uma batidura final da palha graúda para a liberação das sementes que eventualmente ainda não foram separadas e desvia o fluxo de palha para a frente (início) do saca-palhas. A extensão regulável do côncavo suspende o produto, de maneira que o batedor direcione o mesmo sobre o extremo dianteiro do saca-palhas, aproveitando assim toda a área de separação. Sem a extensão do côncavo, a maior parte do produto trilhado cairia sobre o bandejão, sobrecarregando as peneiras. Com a extensão do côncavo espera-se que apenas os grãos soltos caíam sobre o bandejão. A palha, após cair sobre o saca-palhas, é agitada e lançada para cima e para trás. Os grãos soltos caem através das aberturas das grelhas do saca-palhas e escoam para o bandejão. Nessa unidade de separação, não se tem nenhuma ação trilhadora, portanto, os grãos não trilhados no sistema de trilha, permanecerão não trilhados, resultando em perdas.

O saca-palhas é um mecanismo de separação constituído de quatro a seis calhas, cada uma constituída de duas laterais de chapa, cortada em forma de dente de serra, com os dentes voltados para a parte traseira da máquina, e o fundo de cada secção constituída de pequenos retângulos de chapa, cujas bordas são recortadas e se sobrepõem umas às outras como se fossem escamas (Balastreire, 1987). Na parte inferior de cada secção do saca-palhas, existe uma bandeja que coleta os grãos que atravessam o fundo das secções e os encaminha para uma bandeja única, localizada abaixo e atrás dos cilindros trilhador e batedor. As secções do saca-palhas são montadas sobre os munhões excêntricos de duas árvores de manivelas, uma à frente e outra atrás do saca-palhas e, através da rotação dessas árvores, o saca-palhas obtém um movimento oscilante, de maneira a conduzir a palha para fora da máquina. O saca-palhas tem cursos de oscilação de 10 cm e rotações da árvore ao redor de 200 rpm. Rotações maiores aumentam as perdas de grãos e rotações menores causam menor alimentação do material e aumento das perdas.

Na saída do saca-palhas das colhedoras mais modernas têm-se um picador de palhas constituído de facas rotativas horizontais, cuja finalidade é picar a palha e reduzi-la a tamanhos menores, bem como distribuí-la sobre o terreno colhido. Essa operação objetiva evitar a concentração da palha em montes, que poderiam provocar o embuchamento de equipamentos semeadores, implementos subsoladores etc., utilizados em seguida à colheita. O picador de palhas, por esse motivo, é um equipamento essencial quando se pretende utilizar a técnica da semeadura direta de culturas, na área recém-colhida.

## Mecanismos de limpeza

A finalidade dessa unidade é, como o próprio nome já diz, limpar os grãos trilhados e captar o material não completamente trilhado. Esse sistema é composto pelo bandejão, peneira superior, extensão da peneira superior, peneira inferior, ventilador, sem-fim do elevador de grãos (conduzem o produto limpo para o tanque graneleiro) e sem-fim de retilha (material não trilhado e impurezas que são conduzidos para o sistema de trilha).

Uma mescla de grãos, palhas miúdas e partes de capítulos de girassol não trilhados cai sobre o bandejão. Este, através de um movimento de vai e vem, conduz essa mescla até sua parte traseira, onde um pente de arame separa os grãos da palha com o auxílio da corrente de ar do ventilador. Os grãos e a palha mais pesada caem sobre a peneira superior, que faz uma pré-limpeza.

A peneira superior fica localizada sob o saca-palhas e atrás do bandejão que também coleta o material conduzido pelas bandejas do fundo do saca-palhas (Balastreire, 1987). Na extremidade posterior da peneira superior, fica uma extensão destinada a orientar as partes não-trilhadas das plantas, para um condutor helicoidal que levará esse material novamente para o cilindro trilhador para uma retilha. A limpeza do material sobre a peneira superior é feita mecanicamente pela ação da própria peneira e aerodinamicamente pela ação da corrente de ar provocada pelo ventilador. A peneira superior possui um movimento alternativo através de balancins orientados para dar um leve movimento para cima, no curso de retorno da peneira. As frequências de oscilação dessa peneira variam de 250 a 325 ciclos por minuto. Ela é constituída por secções retangulares dentadas e superpostas, sendo cada secção montada em um pequeno eixo pivô, ao redor do qual ela pode sofrer um movimento de rotação, permitindo, desse modo, a regulagem da abertura das malhas da peneira. A área da peneira superior deve ficar na proporção de 127 cm<sup>2</sup>, para cada cm de largura do cilindro trilhador. A separação aerodinâmica depende de um diferencial de velocidade de suspensão dos materiais a serem separados. A velocidade de suspensão varia de 5,0 a 6,0 m s<sup>-1</sup> para grãos de trigo, aveia e cevada, de 2,0 a 6,0 m s<sup>-1</sup> para pequenos pedaços de palha e 1,5 a 2,5 m s<sup>-1</sup> para palhiço.

Ainda segundo Balastreire (1987), a peneira inferior separa os grãos dos pequenos resíduos que atravessam junto na peneira superior. Para isso, há uma construção semelhante à peneira superior, sendo as aberturas e os rasgos das secções retangulares menores. Há, também, um movimento alternativo, com as mesmas frequências já mencionadas. A proporção de

área da peneira inferior em relação à largura do cilindro trilhador deve ficar ao redor de 102 cm<sup>2</sup>, para cada centímetro de largura. Na peneira inferior, as impurezas menores são retiradas e jogadas para fora da máquina, através da corrente de ar provocada pelo ventilador. Os grãos limpos atravessam a peneira e caem em um condutor helicoidal horizontal (sem-fim de trilha), que atravessa toda a largura da peneira inferior. Esse condutor entrega os grãos limpos para um outro condutor (elevador de trilha), que os eleva para o depósito graneleiro, localizado na parte superior da máquina, logo atrás da plataforma do operador.

O material trilhado que cai pela extensão da peneira superior, ou da peneira inferior, vai para um condutor helicoidal (sem-fim de retilha), que também atravessa toda a largura da peneira inferior, conduzindo o material para um elevador de retilha, que o leva novamente ao cilindro de trilha e côncavo.

As regulagens principais do sistema de limpeza e separação são o tamanho das aberturas na peneira superior, na peneira inferior e o volume de ar movido pelo ventilador. Se o tamanho do crivo da peneira superior for muito grande em relação ao fluxo de ar, aumenta-se a quantidade de impurezas no material encaminhado para a retilha. Se a abertura for muito pequena, os grãos poderão ser carregados para fora da máquina com o fluxo de palha. Se as aberturas na peneira inferior forem muito pequenas pode haver uma quantidade excessiva de grãos limpos no condutor de retilha e se forem muito grandes, uma quantidade excessiva de palha nos grãos limpos. Para a colheita mecanizada da cultura do girassol com colhedora, Balastreire (1987) recomenda 15 mm de abertura para a peneira superior, 12 mm para a peneira inferior e 18 mm para a secção de retilha.

A regulagem do fluxo de ar sobre as peneiras superior e inferior é feita através da variação da rotação do ventilador e das aberturas de admissão de ar. A direção do fluxo de ar também pode ser regulada em algumas colhedoras, através de chapas defletoras reguláveis, que orientam o fluxo de ar para a parte dianteira ou traseira das peneiras. Se o volume de ar é excessivo, aumenta-se a perda de grãos, uma vez que parte dos grãos é soprada para fora da máquina, além do que, os grãos têm dificuldade de atravessar a massa de palha, para cair através dos crivos das peneiras. A quantidade máxima de ar está relacionada com a velocidade mínima de suspensão dos grãos, a qual é afetada por características, tais como tamanho, gravidade específica e arrasto aerodinâmico. Se a quantidade de ar é insuficiente, há aumento na quantidade de impurezas no material enca-

minhado para retrilha. As perdas de grãos podem aumentar com a redução do fluxo de ar, porque há dificuldade em agitar a mistura de palha e grãos, para ocorrer a separação. Devido ao baixo peso específico dos grãos de girassol, em média  $390 \text{ kg m}^{-3}$ , quando comparado com outras culturas, como o milho e a soja, o fluxo de ar do ventilador deve ser reduzido, para que apenas a palhada seja eliminada, minimizando as perdas de grãos na limpeza (Castro et al., 1996). Esses autores afirmam que a indicação de boa regulagem do equipamento colhedor é quando, ao se observar na parte posterior da máquina a saída de capítulos, esses se apresentem inteiros e sem grãos aderidos após a trilha (no caso, não sofreram a ação do picador de palha). Também se comprova uma boa regulagem ao verificar, no tanque graneleiro, a presença somente de grãos inteiros e limpos.

## **Fatores que afetam a eficiência da colheita mecânica de girassol**

A eficiência do processo de colheita em girassol depende, segundo Bragachini et al. (2002), da uniformidade de semeadura, das condições do cultivo, da quantidade de plantas daninhas presentes na fase final da cultura e da escolha do momento mais oportuno para a realização da colheita.

O manejo da operação de colheita na cultura do girassol apresenta um alto grau de dificuldade, pois as características da planta e as condições edafoclimáticas locais podem aumentar as perdas durante o processo (Balla et al., 1995). Dentre os principais fatores que afetam a operação de colheita de girassol, destacam-se os que seguem.

### **Desuniformidade da lavoura**

Maior ou menor uniformidade na lavoura de girassol pode ser resultado de fatores genéticos ou ambientais. Os primeiros são causados por características intrínsecas das cultivares de girassol, sejam elas híbridas ou de polinização livre (variedade). Em geral, genótipos híbridos de girassol são mais uniformes, amadurecendo de forma parelha e apresentando capítulos de tamanhos semelhantes, com uma diferença de 5% a 10% de desenvolvimento nas plantas. Por sua vez, as variedades podem ser definidas como populações híbridas complexas, que apresentam maior ou menor

desuniformidade na maturação, podendo atingir valores de até 50% (Rossi, 1998). Condições edafoclimáticas influem no grau de uniformidade de uma lavoura de girassol, podendo apresentar fatores relacionados à solo (fertilidade, características físicas, sistemas de preparo etc.), temperatura, umidade relativa do ar, pluviosidade e práticas de manejo da cultura; condições adversas verificadas desde a ocasião de implantação da lavoura (profundidade inadequada de semeadura, baixo ou elevado estande de plantas, estiagem prolongada, baixo vigor das sementes etc.) ou durante as fases de crescimento/desenvolvimento das plantas (excesso de umidade, ventos etc.), refletem em maior ou menor desuniformidade na fase de maturação das mesmas, o que dificulta o processo de colheita.

### **Desprendimento dos grãos**

É uma característica inerente à planta de girassol, que varia em função do genótipo. Quanto maior o período entre o ponto de colheita das plantas e a sua execução, maior é a probabilidade de desprendimento dos aquênios de girassol (Balla et al., 1995).

### **Peso de 1000 grãos**

O peso de 1000 grãos em girassol é baixo, quando comparado com outros cultivos tradicionais como soja, milho e feijão. Dependendo do genótipo, das condições edafoclimáticas e da tecnologia de produção utilizada, o peso de 1000 grãos em girassol pode variar de 28 a 85 g (Balla et al., 1995). No capítulo de girassol, em geral, os grãos situados na região periférica são maiores e mais pesados do que os localizados mais internamente, o que acarreta diretamente uma diferença de peso em função de sua posição e maiores possibilidades de perdas desses últimos no sistema de ventilação da colhedora.

### **Época de semeadura**

No Brasil, em geral, a colheita de girassol pode ser realizada praticamente durante o ano todo, evitando-se as épocas em que as fases de florescimento, enchimento de grãos e colheita coincidam com períodos de baixas temperaturas e elevada pluviosidade. Na Região Sul, semeaduras realizadas durante os meses de julho, agosto e setembro permitem a colheita do girassol durante os meses de novembro e dezembro, quando as tempera-

turas são elevadas; na Região Centro-Oeste, colhe-se o girassol nos meses de maio, junho e julho, em condições de baixa umidade, em lavouras de sequeiro instaladas nos meses de janeiro e fevereiro, enquanto que, sob condição irrigada, os períodos de exploração são mais dilatados. Nessas épocas citadas, os capítulos de girassol secam de maneira fácil e rápida, aumentando a eficiência de regulagem do equipamento mecanizado. Por outro lado, períodos de colheita de girassol coincidentes com condições climáticas de baixa temperatura dificultam a perda de umidade dos capítulos e dos grãos, aumentando o ciclo da cultura, favorecendo o aparecimento de doenças fúngicas de final de ciclo e a ocorrência de pássaros.

### **Espaçamento entre linhas de semeadura**

A pesquisa tem comprovado que o espaçamento entre linhas de semeadura de girassol de 70 cm é o mais favorável para a obtenção de altos rendimentos de grãos, independentemente das condições climáticas observadas (Silveira et al., 2002; Silveira et al., 2003). A colheita com plataformas “girassoleiras” com bandejas de larguras variadas não representa maiores dificuldades ao sistema de alimentação. Por outro lado, plataformas antigas de milho não permitem regulagem para esse espaçamento específico, necessitando, nesse caso, que a lavoura seja implantada com espaçamento entre linhas ajustados. Espaçamentos superiores podem acarretar alongamento do ciclo das plantas, capítulos de tamanhos exagerados e não uniformes, além de possibilitar menor produção de grãos, em virtude da competição de plantas daninhas. Espaçamento entre linhas menor que 70 cm dificulta os tratos culturais necessários durante a condução da lavoura, faz com que aumente a competição entre plantas, diminuindo, assim, o ciclo da cultura e, ainda, favorecendo o aumento de perdas de pré-colheita, pelo maior índice de acamamento e quebraimento dos caules das plantas, que se apresentam mais finos.

### **Densidade de plantas**

Densidade populacional de girassol de 45 a 50 mil plantas ha<sup>-1</sup> tem sido indicada pela pesquisa por proporcionar melhores rendimentos de grãos. Maior quantidade de plantas por área resultará em menores capítulos, ciclo de cultivo e peso de grão, necessitando atenção no processo de colheita mecanizada, principalmente na regulagem do sistema de limpeza (ventilação). Corrente de ar excessiva incidindo nos aquênios com baixo

peso específico aumentará de maneira significativa as perdas na colheita. Baixa densidade de plantas de girassol por área resulta em maior desenvolvimento vegetativo das plantas, principalmente dos capítulos que demoram mais para perder umidade, dificultando a operação de separação e limpeza nos mecanismos internos da colhedora.

### **Plantas daninhas**

Nas áreas onde o controle de plantas daninhas não é feito eficientemente até o final do ciclo da cultura, podem haver aumentos consideráveis de perdas na colheita. A presença de plantas daninhas faz com que a umidade na lavoura permaneça alta, prejudicando o bom funcionamento da máquina e exigindo maior velocidade do cilindro batedor, resultando em maior dano mecânico nos grãos, o que possibilita maior incidência de fungos (Embrapa Soja, 2000). Isso ocasiona aumento de impurezas no produto final colhido, além de proporcionar baixa eficiência de trabalho pela redução na velocidade de deslocamento da colhedora na lavoura (Balla et al., 1995).

### **Restos vegetais**

Na colheita de girassol, principalmente em lavouras não uniformes, grande quantidade de material vegetal entra na colhedora, dificultando o processo de trilha e limpeza do produto. Nesse caso, o aumento da ventilação provoca uma maior perda de grãos. Plantas uniformemente maturadas apresentam posicionamento padrão de capítulo que facilita a regulação da altura de ataque do sistema de alimentação, proporcionando o corte do caule o mais próximo possível do capítulo de girassol (Balla et al., 1995).

### **Acamamento e quebra de plantas**

Plantas acamadas em girassol são consideradas aquelas em que o ângulo com a superfície do solo é pequeno, impossibilitando a colheita mecanizada. Plantas quebradas são aquelas em que o caule está ereto, em posição de 90° com a superfície do solo, mas quebrado em um ponto que dificulta o recolhimento do capítulo de girassol por situá-lo próximo ao solo. Características genotípicas e de ambiente, bem como pela ocorrência de enfermidades fúngicas, podem influenciar no acamamento e quebramento de plantas, acarretando, por ocasião da operação de colheita, perdas elevadas e redução na velocidade de trabalho (Balla et al., 1995).

## **Pássaros**

O girassol é um dos cultivos mais propensos ao ataque de pássaros, que originam, em algumas regiões, perdas bastante elevadas (Bragachini et al., 1991). Determinadas características da planta de girassol, como a exposição dos aquênios (grãos) em local elevado, onde o pássaro se sente menos suscetível ao ataque de predadores, ou a facilidade de remoção dos grãos, principalmente os maiores que estão localizado na periferia do capítulo, potencializam um possível dano produzido pelos pássaros. Para combater esse dano, Shuler et al. (1978) recomendam que a colheita seja feita antecipadamente e o mais rapidamente possível.

## **Chuva**

Chuvas abundantes na época de colheita do girassol, em algumas regiões agrícolas, dificultam a perda de água dos grãos e dos capítulos, o que, por sua vez, ocasiona atraso na colheita e favorece a ocorrência de doenças de final de ciclo, aumentando, assim, as dificuldades da colheita mecanizada e o percentual de perda da qualidade do produto (Balla et al., 1995). O planejamento do ciclo da cultura, de modo a localizar o período de colheita de girassol em épocas de altas temperaturas, favorece o processo de colheita, mesmo em condições de elevada pluviosidade.

## **Ventos**

A ação de fortes ventos proporciona a queda das plantas de girassol, fazendo com que o recolhimento dos capítulos pelo equipamento colhedor seja dificultado, em função da elevada quantidade de massa vegetal a ser captada.

Esse problema tem sido solucionado, em boa medida, com o uso de dispositivos em forma de ponteira, colocados na parte frontal das bandejas ou dos divisores de linhas das plataformas de milho (De Dios & Mur, 1987).

## **Umidade no caule e no capítulo**

Quando o teor de umidade dos grãos estiver entre 14% e 16%, as demais partes da planta estão com aproximadamente 25% de umidade (Balla et al., 1995). Nessas condições, durante o processo de colheita, os grãos absorvem parte da umidade do caule e do capítulo, dificultando a limpeza e contribuindo para aumentar as impurezas do produto.

## **Velocidade e capacidade de trabalho do equipamento**

A velocidade da colhedora é caracterizada pela relação existente entre a distância percorrida e o tempo de percurso gasto para a realização desse deslocamento, o que segundo Balastreire (1987), influi diretamente na quantidade de material alimentado. Se a velocidade for excessiva, a quantidade de material a ser processada pela máquina poderá exceder a sua capacidade de processamento, aumentando a quantidade de grãos que sai junto com a palha na traseira da máquina.

A velocidade inadequada de trabalho geralmente é a maior causa de perdas elevadas na colheita (Embrapa Soja, 2000). A velocidade ideal de trabalho está entre 4,5 e 5,5 km h<sup>-1</sup> para colhedoras com barra de corte que operam com 1000 golpes min<sup>-1</sup>. Para colhedoras com barra de corte que operam com 1100 ou 1200 golpes min<sup>-1</sup>, a velocidade de trabalho é de, no máximo, 6,0 km h<sup>-1</sup>. Entretanto, só deve-se utilizar velocidade de trabalho alta depois de avaliar se as perdas não estão ultrapassando os níveis toleráveis. Para estimar a velocidade da combinada, de modo prático e em colhedoras que não possuem medidores de velocidade (velocímetro), contar o número de passos largos (cerca de 90 cm) tomados em 20 segundos, caminhando na mesma velocidade e ao lado da colhedora. Multiplicar o número encontrado por 0,16 para obter a velocidade em km h<sup>-1</sup>.

Segundo Mesquita et al. (1998), a velocidade de trabalho recomendada para uma colhedora é determinada em função da produtividade da cultura e da massa que é colhida junto com os grãos. A faixa de velocidade de trabalho varia de 4 a 6 km h<sup>-1</sup> mas, em colheita, o trabalho é medido em tonelada por hora. Portanto, para tomar a decisão de aumentar ou diminuir a velocidade de deslocamento do equipamento colhedor, a preocupação com a capacidade de trabalho em hectares por hora deve dar lugar à verificação das perdas de grãos no processo de colheita e se essas estão abaixo dos níveis tolerados (1,0 saco de 60 kg ha<sup>-1</sup> para girassol, Balla et al., 1995) e soja (Mesquita et al., 1998) e 1,5 sc ha<sup>-1</sup> para milho e arroz (Mesquita et al., 1998).

Em geral, a colheita de girassol exige velocidade de trabalho da colhedora menor que a usada para a colheita de cereais e de soja, de modo a evitar a perda de grãos ocasionada pelo choque das plantas com os componentes mecânicos da máquina (Vrânceanu, 1977). A velocidade ótima, segundo esse autor, é de 4,5 km h<sup>-1</sup>, o que assegura um caudal de produto de 3,5 a 4,0 kg s<sup>-1</sup>.

A velocidade de colheita na cultura do girassol é determinada, segundo Balla et al. (1995), em função do tipo de colhedora, da plataforma, das

condições da lavoura e do terreno; a plataforma de milho adaptada possibilita usar velocidades de até  $7,0 \text{ km h}^{-1}$ . Por outro lado, Bragachini et al. (2002) discordam dizendo que a capacidade de trabalho não depende do tipo de plataforma utilizado, podendo-se operar em condições extremas de até  $9,0 \text{ km h}^{-1}$ , desde que a colhedora possua suficiente capacidade de trilha, separação e limpeza.

Schuler et al. (1978) atestam que, na colheita mecanizada, um fator relevante é a velocidade de avanço da máquina e que deslocamentos entre  $5,0$  e  $6,0 \text{ km h}^{-1}$  diminuem tanto a quantidade de capítulos arremessados para fora da plataforma de alimentação como o número de plantas arrancadas.

Em lavoura de girassol onde as plantas estão uniformes, sem acamamento e doenças, a utilização de plataforma de milho adaptada permite velocidades de avanço de até  $7,0 \text{ km h}^{-1}$ , ao passo, que com plataformas girassoleiras e de soja/trigo adaptadas, indicam-se velocidades de deslocamento de  $4,5$  a  $5,0 \text{ km h}^{-1}$  (Silveira et al., 1993).

Uma colhedora automotriz, com uma plataforma de alimentação de  $5,6 \text{ m}$  de largura, trabalhando à uma velocidade média de  $6,0 \text{ km h}^{-1}$ , poderá colher ao redor de  $2,5 \text{ ha h}^{-1}$  (De Dios & Mur, 1987; Rossi, 1998). Para um rendimento de grãos de  $2000 \text{ kg ha}^{-1}$ , isso significa  $5,0 \text{ t h}^{-1}$  de grãos e de aproximadamente  $3,5 \text{ t}$  de restos vegetais (caules, capítulos, plantas daninhas etc.) por hora. O consumo médio de combustível da colhedora situa-se por volta dos  $5,0$  litros de gasolina por hectare (De Dios & Mur, 1987).

## **Perda de grãos na colheita mecanizada de girassol**

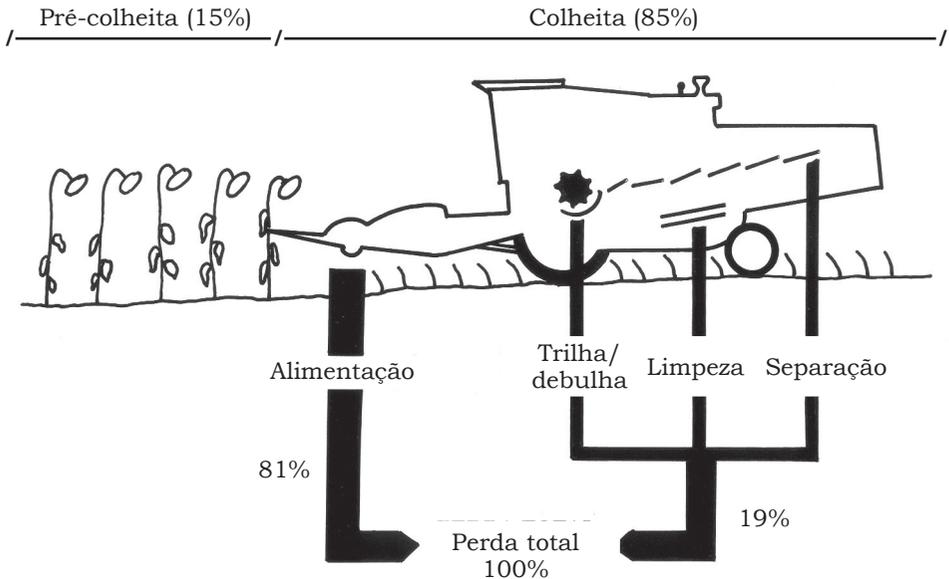
A rentabilidade da cultura do girassol está diretamente relacionada com as condições em que o cultivo se desenvolveu e como as plantas chegam ao momento da colheita. Esforços e cuidados empregados durante as fases de crescimento e desenvolvimento da cultura serão em vão se não houver uma colheita eficiente, registrando, conseqüentemente, uma perda significativa na produção final.

A perda de grãos durante a colheita tem sido vista mais como característica inerente à espécie cultivada do que como um problema que pode ser reduzido a níveis toleráveis, por meio da capacitação de mão-de-obra para sua monitoração, avaliação constante da operação e regulagem da colhedora

(Embrapa Soja, 2000). Conseqüentemente, as perdas durante a colheita permanecem como um dos problemas econômicos importantes em lavouras de soja, milho, arroz, feijão, girassol e outros grãos, no Brasil.

A avaliação de perdas é feita por meio de determinações no campo, onde se recolhe o material em condições normais de operação da colhedora, se faz a separação dos grãos perdidos, obtendo o peso dos mesmos e convertendo o valor encontrado em perda por unidade de área, normalmente o hectare, ou perda em porcentagem do total de grãos disponíveis para a colheita (Balastreire, 1987).

As perdas totais de grãos de girassol verificadas no processo de colheita mecanizada são obtidas pelo somatório das perdas de pré-colheita e colheita, ou seja, perdas naturais ocorridas antes da realização da colheita propriamente dita e durante o trabalho do equipamento colhedor na lavoura de girassol. Na Argentina, da perda total observada na colheita mecanizada de girassol, 15% são ocasionadas pelas perdas de pré-colheita e 85% ocorrem durante o processo de colheita, pela ação da colhedora (Bragachini et al. 1991; Bragachini et al., 2002) (Fig. 9).



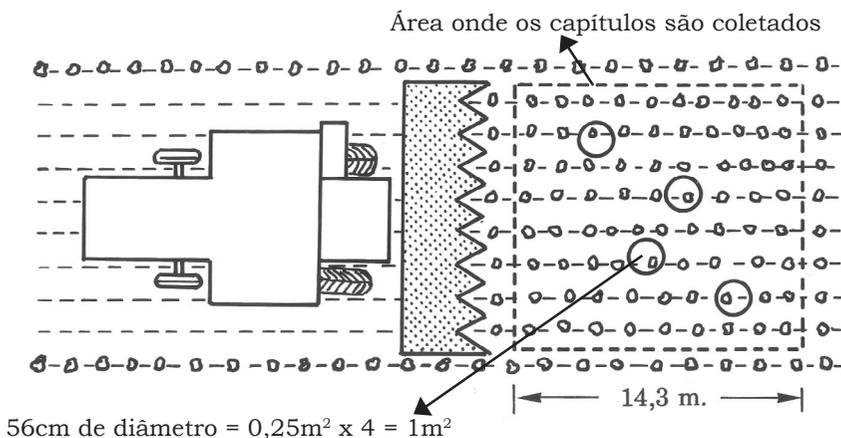
**Fig. 9.** Perdas de grãos verificadas na précolheita e no processo de colheita mecanizada de girassol, destacando os valores observados no sistema de alimentação e nos mecanismos internos da colhedora.

Fonte: Bragachini et al. (1991).

## Pré-colheita

No início da colheita, as lavouras normalmente apresentam perdas classificadas de pré-colheita, relacionada com o desprendimento natural dos grãos, o acamamento e/ou quebra de plantas e com os danos ocasionados por pássaros (Balla et al., 1995). No Brasil, principalmente em pequenas áreas, o problema de ataque de pássaros tem se destacado.

Quando o cultivo apresenta plantas ou capítulos caídos é necessário, segundo Bragachini et al. (2002), avaliar as perdas em separado daquelas oriundas de debulha natural. Para a avaliação de capítulos caídos, seleciona-se uma zona representativa da lavoura e, na direção das linhas de cultivo, determina-se um retângulo de 14,3 m de largura - no caso do cultivo estar instalado em espaçamento entrelinhas de 70 cm, pela largura da plataforma que será usada. Recolhem-se os capítulos que estão no solo ou aderidos às plantas, em uma posição tal que não seriam coletados pelo equipamento colhedor. Divide-se o número de capítulos coletados pelo número de fileiras e obtém-se um valor que deve ser multiplicado por 45 (que é o peso, em gramas, dos grãos contidos em um capítulo médio). Tem-se, assim, a quantidade de girassol, em  $\text{kg ha}^{-1}$ , que se perdeu na pré-colheita. No caso de debulha natural, a avaliação pode ser feita colocando-se, entre as linhas de plantas ainda intactas, quatro círculos de 56 cm de diâmetro, que totalizam  $1 \text{ m}^2$ . Juntam-se e contam-se os grãos que estavam dentro dos aros, levando-se em consideração que 120 grãos de girassol de tamanho grande, 140 medianos ou 160 peque-

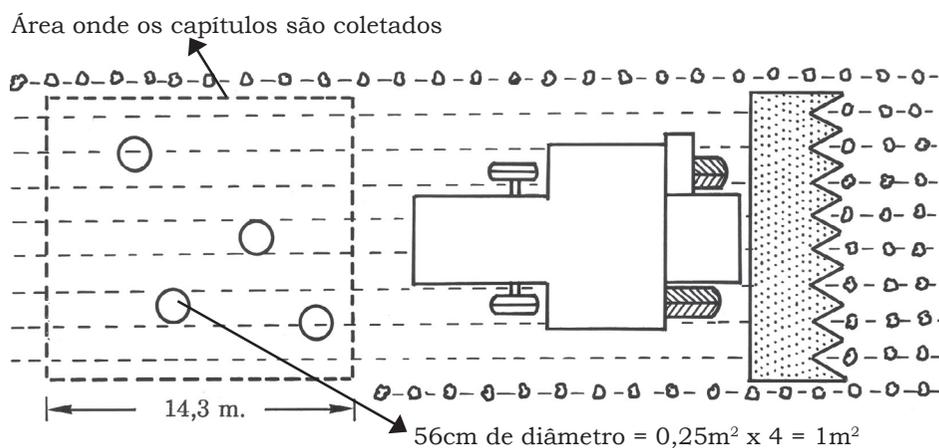


**Fig. 10.** Avaliação de perdas de pré-colheita na lavoura de girassol.  
Fonte: Bragachini et al. (1991).

nos representam uma perda média de 100 kg ha<sup>-1</sup> (Fig. 10). Cada determinação de perdas deve ser feita no mínimo com cinco e preferencialmente com não menos que sete repetições, para se obter melhor precisão na avaliação (Balastreire, 1987).

## Colheita

Durante a colheita mecanizada de girassol, podem-se quantificar perdas de grãos nas seguintes situações: a) perdas de grãos por capítulos não coletados, b) perdas de grãos pela ação de contato das plantas com os elementos fixos e móveis da plataforma de alimentação e c) perdas de grãos pela atividade dos mecanismos internos de trilha, separação e limpeza da colhedora (Fig. 11).



**Fig. 11.** Avaliação de perdas da colhedora na operação de colheita de girassol.

Fonte: Bragachini et al. (1991).

## Capítulos não coletados

A perda de capítulos de girassol na colheita mecanizada depende, basicamente, da uniformidade da lavoura quanto a acamamento e quebramento de plantas, do trabalho do molinete e da existência de elevações laterais na plataforma. A altura variada no posicionamento dos capítulos de girassol dificulta o trabalho do operador, que normalmente

não consegue ajustar um melhor posicionamento de ataque da plataforma. Assim, alguns capítulos passam por debaixo da plataforma, não sendo recolhidos pelo sistema de alimentação da máquina. Além disso, os capítulos cortados podem cair fora da plataforma, sobretudo devido à ação do molinete. As laterais altas, perfeitamente colocadas, podem diminuir esse tipo de perda que, normalmente, oscila entre 1,2% e 8,0% e são determinantes nos percentuais da perda total (Balla et al., 1995). A avaliação de perdas de capítulos deve ser feita tão logo passe a colhedora e no mesmo retângulo delimitado anteriormente, recolhendo-se os capítulos caídos não colhidos pela máquina. A quantidade de capítulos coletados deve ser dividida pelo número de fileiras, multiplicando-se o resultado por 45, obtendo-se, assim, as perdas em  $\text{kg ha}^{-1}$  (Bragachini et al., 2002).

### **Sistema de alimentação**

As perdas de grãos de girassol no sistema de alimentação da colhedora dá-se pela ação de contato das plantas com os elementos fixos e móveis da plataforma. Na plataforma tipo “girassoleira” e na de milho adaptada, as perdas são decorrentes do impacto nas bandejas e nos divisores e com os elementos cortantes localizados no chassi e na corrente recolhedora, respectivamente. Nas plataformas convencionais de cereais, os processos de impacto, provocado pelo molinete com as plantas e corte, ocasionam a debulha parcial dos aquênios. Além disso, os grãos acumulados nas bandejas pode contribuir para o aumento da perda, que geralmente oscila entre 0,2% e 2,6% (Balla et al., 1995). Para a avaliação das perdas na plataforma, é necessário recolher todos os grãos soltos e debulhar os pedaços de capítulos que se encontram dentro dos quatro aros, obtendo-se, assim, a amostra de  $1 \text{ m}^2$  que contém a perda na plataforma mais a perda de pré-colheita, que já estava no solo; por subtração, se obtém a perda na plataforma. Após a passagem da plataforma acima dos aros, a colhedora é parada, dando-se marcha-a-ré por um espaço no máximo igual ao comprimento da colhedora. Segundo Bragachini et al. (1991), na colheita mecanizada de girassol, em geral, 81% das perdas ocorrem na plataforma de alimentação, enquanto que apenas 19% resultam de perdas localizadas nos mecanismos internos de trilha, separação e limpeza da colhedora (Fig. 9). Deve ser considerado, segundo Bragachini et al. (2002), que 140 grãos de tamanho mediano ou  $10 \text{ g m}^{-2}$  representam perda média de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$ , sendo a tolerância de perda total em uma colhedora de aproximadamente 100 grãos.

## **Mecanismos internos**

As perdas no cilindro de trilha e nas peneiras são calculadas a partir do material coletado na traseira da máquina (Balastreire, 1987) e são determinadas em quatro aros vedados colocados depois da passagem da plataforma e antes da queda do material colhido; um aro é colocado na zona central, logo abaixo das peneiras, e os outros três aros são situados na área da plataforma. Da parte interior dos quatro aros, recolhem-se, então, os grãos soltos e os obtidos por capítulos não trilhados (Bragachini et al., 2002).

## **Avaliação das perdas em diferentes tipos de plataformas de alimentação**

### **Plataforma “girassoleira”**

Na Argentina, as perdas médias de grãos em girassol, utilizando a plataforma “girassoleira”, tem oscilado em torno dos 135 kg ha<sup>-1</sup> (Bragachini et al., 1991; Bragachini et al., 2002). Todavia, esses níveis podem ser reduzidos em 50% ao se realizar a colheita no momento adequado, melhorando os sistemas de colheita e regulando corretamente os sistemas de alimentação e internos da colhedora. Uma das causas responsáveis por esses valores, independente dos avanços tecnológicos introduzidos nas colhedoras atuais, é o trabalho de colheita realizado com altas velocidades de deslocamento, o que faz aumentar, principalmente, as perdas de grãos na plataforma de alimentação.

### **Plataforma convencional de milho adaptada**

Com o objetivo de verificar a eficiência da plataforma de milho adaptada para a colheita de girassol, Balla et al. (1995) apresentam um trabalho experimental realizado no Estado de Goiás, no ano de 1994, com uma colhedora automotriz SLC, com motor de 145 HP, com plataforma de milho de quatro linhas, trabalhando a uma velocidade de 7,2 km h<sup>-1</sup>. O genótipo utilizado foi o Cargill 11, com densidade populacional de 43 mil plantas ha<sup>-1</sup>, cujo rendimento médio de grãos foi de 3 mil kg ha<sup>-1</sup>. As amostras para a determinação das perdas no sistema de alimentação (A) e na colheita (B) foram obtidas através de armações com superfície conhecida em 22 pontos pré-determinados na lavoura e as perdas de capítulos (C) foram avaliadas em área correspondente à largura do sistema de alimentação da colhedora, em quatro pontos pré estabelecidos na área. Após a

debulha, os grãos de girassol colhidos foram pesados e o teor de umidade determinado, sendo posteriormente corrigido para 11% de umidade (valor padrão utilizado pela pesquisa e pela indústria). A perda total foi obtida pelo somatório da perda verificada na colheita (B) com a perda de capítulos (C). A perda de grãos referentes ao sistemas internos da colhedora (trilha, separação e limpeza) foi determinada pela diferença entre a perda na colheita (B) e a perda no sistema de alimentação (A). Os resultados são apresentados na Tabela 2 e evidenciam uma perda total de 1,88% (aproximadamente 58,0 kg ha<sup>-1</sup>). A perda na colheita (B) de 1,28% (39,5 kg ha<sup>-1</sup>) é similar aos valores de 0,81% e 1,15% obtidos na antiga Iugoslávia (Szendrő, 1980, citado por Balla et al., 1995), e inferiores aos valores de 2,59% e 3,97% registrados por Bragachini et al. (1991), na Argentina, ambos utilizando plataformas “girassoleiras”.

**Tabela 2.** Perdas de grãos verificadas em lavoura de girassol (híbrido Cargill 11, rendimento médio de 3.000 kg ha<sup>-1</sup>) através de colhedora automotriz com plataforma de milho adaptada.

Tipo e local de perda	kg ha <sup>-1</sup>	%
Sistema de alimentação	27,67	0,89
Sistema de trilha, separação e limpeza	11,87	0,39
(Sub-total)	(39,54)	(1,28)
Capítulos	18,60	0,60
Total	58,14	1,88

Fonte: Balla et al. (1995).

## Referências

- BALASTREIRE, L.A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 310 p.
- BALLA, A.; CASTIGLIONI, V.B.R.; CASTRO, C. **Colheita do girassol**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1995. 25p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 92)
- BRAGACHINI, M.; BONETTO, L.; BONGIOVANNI, R.; CAPURRO, J. **Siembra y cosecha de girasol**. Manfredi: INTA – PROPECO, 1991. 52 p. (Estación Experimental Agropecuaria Manfredi. Cuaderno de actualización técnica, 9)
- BRAGACHINI, M.; MARTIN, A.; MÉNDEZ, A. Eficiencia de cosecha de girasol. In: DÍAZ-ZORITA, M.; DUARTE, G.A. (Ed.). **Manual práctico para el cultivo de girasol**. Buenos Aires: Editorial Hemisferio Sur, 2002. 313p.

CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A.; CASTRO, C.; SILVEIRA, J.M. **Fases de desenvolvimento da planta de girassol**. Londrina: EMBRAPA CNPSo, 1994. 24p. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 58).

CASTRO, C.; CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A.; LEITE, R.M.V.B.C.; KARAM, D.; MELLO, H.C.; GUEDES, L.C.A.; FARIAS, J.R.B. **A cultura do girassol**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1996. 36 p. (EMBRAPA-CNPSo. Circular Técnica, 13)

DE DIOS, C.A.; MUR, D.R. Cosecha. In: **Producción de girasol**. Corrientes: AACREA, 1987. 191p. (AACREA. Cuaderno de actualización técnica, 40)

EMBRAPA SOJA. **A cultura da soja no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2000. BASF, 2000. 1 CD-ROM.

GRODZKI, L. Colheita e armazenamento – girassol. In: **Manual agropecuário para o Paraná**. Londrina: IAPAR, 1976. v.3, p.211-212.

HOFMAN; V.L.; HELLEVANG, K. J. Harvesting, drying and storage of sunflower. In: SCHNEITER, A. A. (Ed.). **Sunflower technology and production**. Madison: American Society of Agronomy, 1997. 834p. (American Society of Agronomy. Agronomy, 35).

INTA. **Girasol**. Buenos Aires: INTA, 1983. 32p. (Secretaria de Agricultura y Ganaderia de la Nación. Manual de Divulgación Rural)

MESQUITA, C.M.; COSTA, N.P.; MANTOVANI, E.C.; ANDRADE, J.G.M.; FRANÇA NETO, J.B.; SILVA, J.B.; FONSECA, J.R.; PORTUGAL, F.A.F.; GUIMARÃES SOBRINHO, J.B. **Manual do produtor**: como evitar o desperdício nas colheitas de soja, do milho e do arroz. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1998. 32p. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 112; EMBRAPA-CNPMS. Documentos, 11; EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 87).

ROSA, E. Cosecha. In: **Girasol – algunos aspectos de manejo y producción**. Balcarce: Centro de Investigaciones Agrícolas “Alberto Boerger”, 1986. 70 p. (Ministerio de Ganaderia, Agricultura y Pesca. Miscelanea, 64).

ROSSI, R.O. **Girassol**. Curitiba: Tecnoagro, 1998. 333p.

SCHNEITER, A.A.; MILLER, J.F. Description of sunflower growth stages. **Crop Science**, Madison, v.21, p.901-903, 1981.

SCHULER, R.T.; HIRNING, H.J.; HOFMAN, V.L.; LUNDSTROM, D.R. Harvesting, handling and storage of seed. In: CARTER, J.F. (Ed.). **Sunflower science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 1978. 505 p. (American Society of Agronomy. Agronomy, 19).

SILVEIRA, J.M.; BALLA, A.; MESQUITA, C.M. **Adaptação de plataforma de milho para a colheita do girassol**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1993. 1 folder.

SILVEIRA, J.M.; CASTRO, C.; KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; SARAIVA, O. Aspectos fitotécnicos do cultivo do girassol, relacionados à distribuição espacial de plantas, restos vegetais e qualidade de sementes. In: EMBRAPA SOJA. **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja 2001**. Londrina: Embrapa Soja, 2002. p.36-41. (Embrapa Soja. Documentos, 199).

SILVEIRA, J.M.; CASTRO, C.; KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; SARAIVA, O. Aspectos fitotécnicos do cultivo do girassol, relacionados à distribuição espacial de plantas, restos vegetais e qualidade de sementes. In: EMBRAPA SOJA. **Resultados de Pesquisa da Embrapa Soja 2002**. Londrina: Embrapa Soja, 2003. p.50-56. (Embrapa Soja. Documentos, 218).

VRÂNCEANU, A.V. **El girasol**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1977. 379p.



## ÍNDICE REMISSIVO

### Símbolos

2,4-D 460

### A

abelha 492, 551  
absorção de água 185  
absorção de óleo 63  
absorção do nutriente 324  
acetochlor 440  
ácido araquidônico 45  
ácido clorogênico 56, 100  
ácido graxo 43, 45, 93, 114, 158  
ácido graxo essencial 44  
ácido graxo linoléico 44, 183, 231  
ácido graxo oléico 183, 231  
ácido graxo poliinsaturado 74  
aclonifen 446  
*Acrosternum* *armigera* 483  
*Acrosternum* spp. 483  
acúmulo de nutriente 310, 325  
adaptação de plataforma 583  
aditivos 134  
adubação foliar 357  
adubo verde 306  
*Agallia* *albidula* 481  
agricultura de energia 150  
agronegócio 15  
*Agrotis* *ipsilon* 473  
água 184  
alachlor 438  
albumina 54  
alimentação 26

alimento funcional 43  
alimento infantil 64  
*Alternaria* *alternata* 504  
*Alternaria* *helianthi* 503  
*Alternaria* spp. 251  
*Alternaria* *zinniae* 504  
altura de planta 226  
alumínio 320  
aminoácido essencial 53  
amostragem de folha 331  
*Anticarsia* *gemmatalis* 474  
ar 590  
área 21, 31  
área foliar 167  
armazenagem 565  
*Astylus* *variegatus* 487  
atrazine 457  
*Atta* spp. 481  
auto-compatibilidade 272  
auto-fertilidade 236  
auto-incompatibilidade 236  
auxina 192  
ave 101, 115  
avicultura 94

### B

$\beta$  caroteno 43  
*Bacillus* *thuringiensis* 491  
bandeirão 589  
bandejas 580  
barra de corte 581  
*Bidens* mosaic virus 540  
biocombustível 6, 151, 157

biodiesel 18, 153  
 bioenergia 149  
 biomassa 146  
 biotrade 151  
 boro 348, 453  
 boro na planta 349  
 boro no solo 348  
*Botrytis cinerea* 536, 551

## C

calagem 320  
 “cama” de semeadura 403  
 capacidade emulsificante 63  
 capítulo 167  
 caracol 494  
 carboidrato 55  
 carcaça 109, 113  
 carne 114  
 carotenóide 48  
 caule 165  
 Cerrados 8, 355  
 certificação de semente 548  
 chlorimuron-ethyl 461  
*Chlosyne lacinia saundersii* 476  
 ciclagem de nutrientes 307, 317  
 cigarrinha 481  
 citoplasma CMS PET1 239  
 classe de curvatura 274  
 classificação da semeadora 385  
 clethodim 448  
 clomazone 462  
 colesterol 45  
 colheita manual 575  
 colheita mecanizada 576  
 compactação 301  
 complexo agroindustrial 16  
 composição química 52  
 composto especial 43

composto fenólico 56, 65  
 concentração de nutriente 332  
 concentrado protéico 19, 57, 60  
 confeitiro 133  
 consumo 25, 127  
 consumo de água 189  
 controle cultural 432  
 controle mecânico 435  
 controle preventivo 431  
 controle químico 436  
 crescimento das folhas 203  
 crescimento do caule 203  
 crestamento bacteriano 538  
*Crysopa* sp. 489  
 cultivares de polinização aberta 547  
 cultura de cobertura do solo 306  
 custo de produção 37  
*Cyclocephala melanocephala* 485  
*Cycloneda sanguinea* 489

## D

damping-off 531  
 deficiência nutricional 332  
 déficit hídrico 184, 350  
 degradabilidade 70  
 densidade populacional 400  
 desempenho 137  
 dessecação 557  
*Diabrotica speciosa* 475  
 diagnose foliar 328  
 diagnose visual 327  
*Diaporthe helianthi* 525  
 diclosulam 463  
 diflufenican 446  
 difusão 341  
 digestibilidade  
 75, 127, 128, 132, 134  
*Diloboderus abderus* 473

dimethenamid 442  
disco de corte 391  
diuron 462  
doença cardiovascular 46  
domesticação 1  
DRIS 332  
dulcitol 351

## E

*Edessa* *meditabunda* 483  
eficiência no uso da água 191  
elemento de corte 391  
*Empoasca* sp. 481  
Empresa Brasileira de Pesquisa  
Agropecuária 11, 292  
emulsificação 63  
energia 9, 52, 145  
ensilagem 123  
época da colheita 571  
época de semeadura 398  
espaçamento entre linha 402  
espuma 63  
espumabilidade 63, 64  
estado nutricional 331  
estômato 166  
*Euschistus* *heros* 483  
exigência nutricional 324  
exigências climáticas 179  
expansão foliar 199  
extração 94  
extrato 61

## F

facas 583  
farelo 20, 34, 93, 95, 99, 107,  
115  
farinha 19, 57, 58

fase de desenvolvimento 176  
fenoxaprop-p-ethyl 450  
fermentação 127, 129  
ferrugem 5, 519  
fibra bruta 52  
fitato 54  
fitosterol 43, 46  
flor 168  
florescimento 235  
fluazifop-p-butil 447  
fluorochloridone 445  
fluxo de massa 334  
folha 165  
fonte protéica 51  
formiga 481, 494  
forragem 85, 123, 133  
fosfolipídio 43, 46  
fósforo 337  
fotossíntese 187  
frango de corte 93, 101, 103  
*Frankiniella* *occidentalis* 481  
*Frankiniella* *schantzei* 481  
fruto 172

## G

gado de corte 138  
gado de leite 137  
galinha de postura 103  
galinha poedeira 93, 101  
gasto de semente 378  
genealógico 286  
*Geocoris* sp. 489  
gesso 323  
glicose 207  
globulina 54  
*Golovinomyces* *cichoracearum* 524  
grão 34, 74, 94, 95, 110, 115

**H**

haloxyfop-methyl 450  
 HDL-colesterol 47  
*Helianthus petiolaris* 271  
*Helicoverpa zea* 486  
*Heliothis virescens* 486  
 heliotropismo 167  
 heterose 551  
 híbrido 548

**I**

idi-amin 482  
 imazaquin 458  
 imazethapyr 458  
 índice de colheita 325  
 indústria 34  
 inflorescência 169  
 início da antese 178  
 inimigo natural 489  
 Instituto Agrônomo de Campinas  
 10, 291  
 intolerância à lactose 64  
 isolado protéico 19, 57, 60

**L**

lagarta rosca 473  
 lagarta-da-soja 474  
 lagarta-do-girassol 476  
*Lagria villosa* 482  
 LDL-colesterol 45  
 leite 69, 75, 137  
 lesma 494  
 limpeza 561  
 linhagem fêmea 275  
 linhagem macho 275  
 linhagem restauradora 548

linuron 442  
 lisina 53, 60, 65

**M**

macho-esterilidade citoplasmática  
 239, 548  
 macho-esterilidade nuclear 238  
*Macrophomina phaseolina* 531  
*Maecolaspis* sp. 475  
 mancha bacteriana 538  
 mancha cinzenta da haste 525  
 mancha de *Alternaria* 251, 502  
 mancha preta da haste 529  
 manganês 318  
 manitol 351  
 matéria orgânica do solo 299  
 matéria seca 308  
 maturação fisiológica 179, 235  
 mecanismo dosador de semente 389  
 mercado 15, 31  
 mercado de carbono 150  
 método da população 288  
 método de Pustovoit 280  
 método dos retrocruzamentos 288  
 metolachlor 441  
 micorriza 339  
 míldio 253, 513, 553  
 mobilidade na planta 341  
 molibdênio 362  
 mosaico comum do girassol 540  
 movimento da água 185  
 mudança climática 145  
 multicapitulada 274

**N**

*Nabis* spp. 489  
 nanismo 227

não ramificado 274  
 néctar 234  
*Nezara viridula* 483  
 nicosulfuron 462  
 nitrogênio 334  
 novilho 138

## O

oídio 524  
 óleo 2, 4, 9, 18, 20, 34, 565  
 origem 1  
*Orius* sp. 489  
 ornamental 2, 18  
 ovino 139  
 ovo 100  
 oxadiargyl 447

## P

parasitismo 490  
 parasitóide 490  
 pássaro 18, 595  
*Pectobacterium carotovorum* subsp.  
*carotovorum* 539  
 pendimethalin 443  
 peneira 562, 589  
 PER 61  
 percevejo 483, 553  
 perda de grãos 597  
 período de convivência 429  
 período reprodutivo 176  
 período vegetativo 176  
*Phoma oleracea* var. *helianthi-tuberosi*  
 529  
*Phyllophaga cuyabana* 473  
*Piezodorus guidinii* 483  
 pirólise 154  
 planta de cobertura 307

planta macho-estéril 275  
 planta mantenedora 275  
 planta restauradora de fertilidade  
 275  
*Plasmopara halstedii* 253, 513, 553  
 plataforma 577  
 podridão branca 251, 506, 555  
 podridão cinza do capítulo 536  
 podridão da medula da haste 539  
 podridão radicular 531  
 polifenoxidase 65  
 poliinsaturado 43  
 polinização 171, 547  
 polinização aberta 275  
 ponto de ensilagem 126  
 potássio 310, 341  
 pré-limpeza 558  
 preço 28  
 preparo do solo 303  
 produção 20, 21, 31  
 produção de mel 163  
 produtividade 21, 31, 32  
 produto protéico 64, 66  
 profundidade de semeadura 405  
 progesterona 78  
 prolamina 54  
 prometryne 443  
 propaquizafop 451  
 propriedade funcional 62  
*Protalebrella brasiliensis* 481  
 proteína 51, 54, 60, 101, 229  
 proteína branca 60  
*Pseudomonas cichorii* 538  
*Pseudomonas syringae* pv. *helianthi*  
 538  
*Pseudoplusia includens* 480  
*Puccinia helianthi* 5, 519  
 pulgão 481  
 pureza 566

**Q**

qualidade 128  
 qualidade do leite 80  
 quantidade de semente 380  
 quizalofop-p-ethyl 451  
 quizalofop-p-tefuryl 452

**R**

ração 95, 102, 114  
*Rachiplusia* 480  
 raiz 164  
 ramificação 224, 225  
 relação C/N 307  
 relação raiz/parte aérea 198  
 rendimento de grão 220, 272  
 rendimento forrageiro 124  
 resíduo de herbicida 457  
 resistência a herbicida 248  
 resistência à seca 300  
 rotação de cultura 300, 397

**S**

saca-palhas 588  
 safrinha 9, 30  
 saúva 481  
*Scaptocoris castanea* 472  
*Sclerotinia sclerotiorum* 7, 251, 506, 551, 555  
*Sclerotium rolfsii* 531  
 seca 191  
 secagem 558  
 semeadura direta 299  
 semeadura manual 384  
 semeadura mecanizada 384  
 semente 376  
 semente não oleosa 52

semente oleosa 52, 133  
 sementes básicas 547  
 silagem 3, 4, 18, 85, 123  
 sistema radicular 300, 319  
 sitostanol 47  
 solubilidade 62, 63, 64  
 sorbitol 351  
*Spodoptera eridanea* 474  
*Spodoptera frugiperda* 474  
*Spodoptera latifascia* 474  
 sucessão 397  
 suíno 93, 107, 115  
 suinocultura 94  
 sulcador 392  
 sulfentrazone 441  
 suplemento 66

**T**

tamanho do aquênio 173  
 taxa de exportação 325  
 tebuthiuron 462  
 temperatura 181  
 temperatura do solo 403  
 teor de óleo 174, 228, 272, 336  
*Thyanta perditor* 483  
*Thyanta* sp. 483  
 tocoferol 43, 46  
 tocotrienol 48  
 torta 18, 19, 57, 85, 93, 94, 99, 110, 115  
 toxidez 332  
 transesterificação 152  
 translocação 325  
 transpiração 185  
 tratamento de semente 495  
*Trichogramma* 490  
 trifluralin 438  
 triglicérido 152

trilha 585  
tripes 481

## **U**

umidade 556, 571  
umidade do solo 404  
Universidade Federal do Rio Grande  
do Sul 10  
uso humano 51

## **V**

valor nutricional 65

valor nutritivo 130, 134  
vaquinha 475  
velocidade da colhedora 596  
velocidade de trabalho da semeadora  
387  
ventilador 590  
*Verticillium dahliae* 531  
vitamina 52, 55  
vitamina A 48

## **X**

*Xyonysius major* 483