



A CULTURA DO MILHO

Editores técnicos

José Carlos Cruz
Décio Karam
Márcio A. R. Monteiro
Paulo César Magalhães

Embrapa

Milho e Sorgo

Aqui tem o Apoio do

PAC
Embrapa

Programa de Fortalecimento e
Crescimento da Embrapa

A CULTURA DO MILHO

**José Carlos Cruz
Décio Karam
Márcio A. Resende Monteiro
Paulo César Magalhães**

Editores Técnicos

República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva

Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Reinhold Stephanes

Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Conselho de Administração

Silas Brasileiro

Presidente

Silvio Crestana

Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires

Ernesto Paterniani

Hélio Tollini

Marcelo Leandro Ferreira

Membros

Diretoria-Executiva

Silvio Crestana

Diretor-Presidente

Tatiana Deane de Abreu Sá

José Geraldo Eugênio de França

Kepler Euclides Filho

Diretores-Executivos

Embrapa Milho e Sorgo

Vera Maria Carvalho Alves

Chefe Geral

Antônio Álvaro Corsetti Purcino

Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Derli Prudente Santana

Chefe-Adjunto de Comunicação e Negócios

Isabel Regina Prazeres de Souza

Chefe-Adjunto de Administração

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Milho e Sorgo
Rodovia MG 424 Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Telefone: (31) 3027 1100
Fax: (31) 3027 1188
Home page: www.cnpms.embrapa.br
E-mail: sac@cnpms.embrapa.br

Comitê de Publicações da Embrapa Milho e Sorgo

Presidente: Antônio Álvaro Corsetti Purcino
Secretário-Executivo: Paulo César Magalhães
Membros: Carlos Roberto Casela, Claudia Teixeira Guimarães, Flávia França
Teixeira, Jurandir Vieira Magalhães e José Hamilton Ramalho
Revisão: Dilermando Lúcio de Oliveira
Edição eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa
Normalização bibliográfica: Maria Tereza Rocha Ferreira
Arte Final da Capa: David Dutra Alvarenga

1ª edição

1ª impressão (2008): 5.000 exemplares

Todos os direitos reservados.

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

CIP. Brasil. Catalogação-na-publicação.

Embrapa Milho e Sorgo

A cultura do milho / editores técnicos, José Carlos Cruz...[et al]. -
Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 517 p. ; 15,5x22,5 cm.

ISBN 978-85-85802-13-4

Editores-técnicos: José Carlos Cruz, Décio Karam, Márcio A.
Resende Monteiro, Paulo Cesar Magalhães.

I. Milho -Cultivo. I. Cruz, José Carlos, ed. tec. II. Embrapa Milho e
Sorgo

Autores

Alexandre da Silva Ferreira

Engenheiro Agrônomo, M.Sc. em Fitopatologia

Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151
35701-970 Sete Lagoas, MG.

E-mail: ferreira@cnpms.embrapa.br

André Luiz Melhorança

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia

Pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Caixa Postal 661
79804-970 Dourados, MS.

E-mail: andre@cpao.embrapa.br

Antônio Marcos Coelho

Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Solos & Nutrição de Plantas

Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151 35701-
970 Sete Lagoas, MG.

E-mail: amcoelho@cnpms.embrapa.br

Camilo de Lelis Teixeira de Andrade

Engenheiro Agrônomo, Ph.D em Engenharia de Irrigação

Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151
35701-970 Sete Lagoas, MG.

E-mail: camilo@cnpms.embrapa.br

Carlos Roberto Casela

Engenheiro Agrônomo, Ph.D em Fitopatologia

Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151
35701-970 Sete Lagoas, MG.

E-mail: casela@cnpms.embrapa.br

Daniel Pereira Guimarães
Engenheiro Florestal, Ph.D em Ciência Florestal
Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151
35701-970 Sete Lagoas, MG.
E-mail: daniel@cnpms.embrapa.br

Décio Karam
Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Manejo de Plantas Daninhas,
Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151
35701-970 Sete Lagoas, MG.
E-mail: Karam@cnpms.embrapa.br

Derli Prudente Santana
Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Solos e Nutrição de plantas,
Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151
35701-970 Sete Lagoas, MG.
E-mail: derli@cnpms.embrapa.br

Flávio Jesus Wruck
Engenheiro Agrônomo, M.Sc. em Fitotecnia,
Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179
75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO
E-mail: fjwruck@cnpaf.embrapa.br

Frederico Ozanan Machado Durães
Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fisiologia Vegetal
Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151
35701-970 Sete Lagoas, MG.
E-mail:fdurães@cnpms.embrapa.br

Glauca de Almeida Padrão
Acadêmica de Ciências Econômicas, UNIFEMM,
Bolsista PIBIC-CNPq
E-mail: glaupadrao@gmail.com

Israel Alexandre Pereira Filho
Engenheiro Agrônomo, M.Sc. em Fitotecnia
Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151
35701-970 Sete Lagoas, MG.
E-mail: israel@cnpms.embrapa.br

Ivan Cruz
Engenheiro Agrônomo Doutor em Entomologia
Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151
35701-970 Sete Lagoas, MG
E-mail: ivancruz@cnpms.embrapa.br

Jamilton Pereira dos Santos
Engenheiro Agrônomo Ph.D. em Entomologia
Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151
35701-970 Sete Lagoas, MG
E-mail: jamilton@cnpms.embrapa.br

Jason de Oliveira Duarte
Economista, Ph.D. em Economia Agrícola
Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151
35701-970 Sete Lagoas, MG
E-mail: jason@cnpms.embrapa.br

João Carlos Garcia
Engenheiro Agrônomo Doutor em Economia Agrícola
Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151
35701-970 Sete Lagoas, MG
E-mail: garcia@cnpms.embrapa.br

João Herbert Moreira Viana
Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas
Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151
35701-970 Sete Lagoas, MG
E-mail: jherbert@cnpms.embrapa.br

João Kluthcouski

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas

Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179

75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO

E-mail: joaok@cnpaf.embrapa.br

José Carlos Cruz

Engenheiro Agrônomo Ph.D. em Manejo e Conservação de

Solos

Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151

35701-970 Sete Lagoas, MG

E-mail: zecarlos@cnpms.embrapa.br

Luiz Marcelo Aguiar Sans

Engenheiro Florestal, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas

Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151

35701-970 Sete Lagoas, MG

E-mail: lsans@cnpms.embrapa.br

Maria Cristina Dias Paes

Nutricionista, Ph.D. em Nutrição Humana e Ciência dos

Alimentos

Analista da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151

35701-970 Sete Lagoas, MG

E-mail: mcdpaes@cnpms.embrapa.br

Maurílio Fernandes de Oliveira

Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Produção Vegetal

Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151

35701-970 Sete Lagoas, MG

E-mail: maurilio.oliveira@cnpms.embrapa.br

Marcos Joaquim Matoso
Engenheiro Agrônomo, Doutor em Economia Agrícola
Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151
35701-970 Sete Lagoas, MG
E-mail: matoso@cnpms.embrapa.br

Miguel Marques Gontijo Neto
Engenheiro Agrônomo Doutor em Zootecnia
Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151
35701-970 Sete Lagoas, MG
E-mail: mgontijo@cnpms.embrapa.br

Morethson Resende
Engenheiro Agrônomo Ph.D. em Irrigação e Drenagem
Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151
35701-970 Sete Lagoas, MG
E-mail: resende@cnpms.embrapa.br

Nicésio Filadelfo J. de Almeida Pinto
Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fitopatologia
Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151
35701-970 Sete Lagoas, MG
E-mail: nicesio@cnpms.embrapa.br

Paulo César Magalhães
Engenheiro Agrônomo Ph.D. em Fisiologia Vegetal,
Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151
35701-970 Sete Lagoas, MG
E-mail: pcesar@cnpms.embrapa.br

Paulo Emílio Pereira de Albuquerque
Engenheiro Agrônomo, Doutor em Irrigação e Drenagem,
Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151
35701-970 Sete Lagoas, MG.
E-mail: emilio@cnpms.embrapa.br

Ramon Costa Alvarenga
Engenheiro Agrônomo, Doutor em Conservação e Manejo de
Solos
Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151
35701-970 Sete Lagoas, MG
E-mail: ramon@cnpms.embrapa.br

Ricardo A. L. Brito
Engenheiro Agrônomo Ph.D. em Irrigação e Drenagem
Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151
35701-970 Sete Lagoas, MG
E-mail: rbrito@cnpms.embrapa.br

Tarcísio Cobucci
Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fitotecnia
Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179
75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO
E-mail: cobucci@cnpaf.embrapa.br

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

A CULTURA DO MILHO

**José Carlos Cruz
Décio Karam
Márcio A. Resende Monteiro
Paulo César Magalhães**

Editores Técnicos

Embrapa Milho e Sorgo
Sete Lagoas, MG
2008

Apresentação

Em virtude de sua localização e de sua extensão, o Brasil é um país que apresenta grande variabilidade do meio físico, formando ambientes contrastantes. Em cada um deles, ao longo dos anos, dado o contexto social, econômico e geográfico, o homem tem adaptado, de alguma forma, suas atividades, especialmente aquelas voltada para o setor agrícola. Dentro deste contexto, um bom exemplo é o milho que é produzido nas mais diferentes regiões do Brasil, em diferentes condições ambientais e sócioeconômicas e, nos mais diferentes sistemas de produção.

Os rendimentos médios de grãos de milho no Brasil evoluíram muito nos últimos tempos. A adoção conjunta de cultivares melhoradas, de insumos e técnicas de cultivo adequadas, fez com que os rendimentos das lavouras passassem a ser progressivamente mais elevados, década após década. O uso destas ferramentas só foi possível através da geração de informações técnicas, graças ao eficiente sistema de pesquisa realizada por diversas instituições públicas e privadas.

A Embrapa Milho e Sorgo, ao reunir neste livro, os resultados de pesquisa realizados no país, busca colocar à disposição de produtores, técnicos de assistência técnica e extensão rural e de planejamento, informações necessárias à sua tomada de decisão, oferecendo alternativas para situações particulares, tendo sempre em vista aliar rentabilidade para a cultura do milho, preservação ambiental e bem estar social.

Vera Maria Carvalho Alves

Chefe Geral da Embrapa Milho e Sorgo

Sumário

Apresentação	13
1. Aspectos Econômicos da Produção e Utilização do Milho	21
1.1. Introdução	22
1.2. Panorama Internacional	22
1.3. Panorama Nacional	27
1.4. Mercado do Milho	33
1.5. Custo de Produção	37
1.6. Considerações Finais.....	40
1.7. Referências	45
2. Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho	47
2.1. Introdução	48
2.2. Estrutura Anatômica e Composição Química do Grão de Milho	49
2.3. Classificação do Milho Quanto ao Tipo de Grãos	53
2.4. Importância Nutricional do Milho	55
2.5. Usos do Milho e sua Importância Tecnológica	57
2.6. Referências	60
3. Fisiologia da Produção	63
3.1. Introdução	64
3.2. Identificação dos Estádios de Crescimento/ Desenvolvimento	66
3.3. Estádios Reprodutivos e Desenvolvimento do Grão.....	78
3.4. Referências	87

4. Zoneamento Agrícola – Riscos climáticos para a cultura do milho	89
4.1. Referências	97
5. Manejo do Solo para a Cultura do Milho	99
5.1. Introdução	100
5.2. Desafios para o Estabelecimento de um Manejo Adequado de Solo e de Águas	102
5.3. Planejamento do Uso do Solo	113
5.4. Considerações finais	127
5.5. Referências	128
6. Nutrição e Adubação do Milho	131
6.1. Introdução	132
6.2. Exigências Nutricionais	133
6.3. Acidez do Solo, Toxidez de Alumínio e Necessidade de Calagem	135
6.4. Acumulação de Nutrientes e Manejo da Adubação	137
6.5. Nitrogênio	139
6.6. Fósforo	145
6.7. Potássio	147
6.8. Enxofre	150
6.9. Micronutrientes	151
6.10. Referências	155
7. Cultivares de Milho	159
7.1. Introdução	160
7.2. Adaptação à Região	161
7.3. Produtividade e Estabilidade	161
7.4. Ciclo	165
7.5. Tolerância a Doenças	167

7.6. Qualidade do Colmo e Raiz	168
7.7. Textura e Cor do Grão	168
7.8. Considerações Gerais	169
7.9. Referências	170
8. Manejo da Cultura do Milho	171
8.1. Introdução	172
8.2. Condições Climáticas	172
8.3. Época de Semeadura	176
8.4. Profundidade de Semeadura	179
8.5. Densidade de Plantio	180
8.6. Espaçamento entre Fileiras	184
8.7. O milho em Sistema de Plantio Direto	186
8.8. Considerações Gerais	195
8.9. Referências	195
9. Plantas Daninhas na Cultura do Milho	199
9.1. Introdução	200
9.2. Objetivos do Manejo Integrado de Plantas Daninhas	202
9.3. Métodos de Controle de Plantas Daninhas	204
9.4. Normas Gerais para o Uso de Defensivos Agrícolas	209
9.5. Manejo de Plantas Daninhas no Milho Safrinha	209
9.6. Referências	213
10. Doenças na Cultura do Milho	215
10.1. Introdução	216
10.2. Doenças Foliares	217
10.3. Podridões do Colmo	229
10.4. Doenças Causadas por Molicutes e por Vírus	238
10.5. Doenças Causadas por Nematóides	245
10.6. Qualidade Sanitária de Grãos	249
10.7. Referências	254

11. Controle de Pragas Durante o Armazenamento de Milho	257
11.1. Introdução	258
11.2. Colheita	259
11.3. O processo de Colheita e sua Importância sobre as Pragas	261
11.4. Perdas na Pós-Colheita	262
11.5. Principais Pragas dos Grãos Armazenados	264
11.6. Conseqüências do Ataque de Insetos	265
11.7. Medidas Preventivas Contra a Ocorrência de Pragas	276
11.8. Influência da Cultivar na Qualidade dos Grãos	277
11.9. Efeito da Temperatura e Umidade sobre os Insetos	277
11.10. Importância do Monitoramento no Manejo da infestação	279
11.11. Ações para Prevenir e/ou Controlar as Pragas	279
11.12. Formas de Armazenamento e Recomendações para Redução de Perdas	284
11.13. Referências	299
12. Manejo de Pragas da Cultura do Milho	303
12.1. Introdução	304
12.2. Descrição, Biologia, Importância e Controle as Pragas	305
12.3. Medidas de Controle	326
12.4. Considerações sobre os Inseticidas Químicos Registrados para uso na Cultura de Milho	334
12.5. Referências	355

13. Controle Biológico de Pragas de Milho	363
13.1. Introdução	364
13.2. Riscos Advindos do Mal Uso de Agroquímicos	366
13.3. Tipos de Controle Biológico	369
13.4. Formas de Controle Biológico Aplicado	371
13.5. Agentes de Controle Biológico	374
13.6. Conservação de Inimigos Naturais para Controle Biológico	397
13.7. Referências	415
14. Viabilidade e Manejo da Irrigação	419
14.1. Viabilidade da Irrigação	420
14.2. Manejo de Irrigação	430
14.3. Referências	446
15. Métodos de Irrigação e Quimigação	449
15.1. Métodos de Irrigação	450
15.2. Quimigação	469
15.3. Referências	488
16. A cultura do Milho na Integração Lavoura-Pecuária	491
16.1. Introdução	492
16.2. Vantagens da Integração Lavoura-Pecuária	493
16.3. Milho Consorciado com Forrageiras	495
16.4. Fisiologia das Espécies em Consórcio	505
16.5. Manejos de Herbicidas e Efeitos no Milho e na Produção de Forragem	507

16.6. Arranjos Espaciais da Forrageira e Efeito no Milho e na Produção de Forragem	509
16.7. Épocas de Introdução das Forrageiras e Efeitos no Milho e na Produção de Forragem	510
16.8. Colheita do Milho	513
16.9. Referências	514

Capítulo I

Aspectos Econômicos da Produção e Utilização do Milho

João Carlos Garcia
Marcos Joaquim Mattoso
Jason de Oliveira Duarte
José Carlos Cruz
Gláucia de Almeida Padrão

1. Introdução

O desenvolvimento da produção e do mercado do milho deve ser analisado, preferencialmente, sob a ótica das cadeias produtivas ou dos sistemas agroindustriais (SAG). O milho é insumo para a produção de uma centena de produtos, porém, na cadeia produtiva de suínos e aves, é consumido aproximadamente 70% do milho produzido no mundo e entre 70 e 80% do milho produzido no Brasil. Assim sendo, para uma melhor abordagem do que está ocorrendo no mercado do milho, torna-se importante, além da análise de dados relativos ao produto milho “per se”, também uma visão, ainda que superficial, do panorama mundial e nacional da produção e consumo da carne suína e de frango e de como o Brasil se posiciona nesse contexto, para que seja possível o melhor entendimento das possibilidades futuras do milho no país.

1.2 Panorama Internacional

1.2.1 Produção de Milho

Os maiores produtores mundiais de milho são os Estados Unidos, a China e o Brasil, que, em 2006, produziram 267,6, 145,6, e 42,6 milhões de toneladas, respectivamente (Tabela 1.1).

Tabela 1.1. Principais países produtores de milho (2001-2006).

País/Ano	Produção (1.000 t)					
	2001	2002	2003	2004	2005	2006
<i>Estados Unidos</i>	241.485	228.805	256.905	299.917	282.311	267.598
<i>China</i>	114.254	121.497	115.998	130.434	139.498	145.625
<i>Brasil</i>	41.955	35.933	48.327	41.806	35.113	42.632
<i>México</i>	20.134	19.299	19.652	22.000	18.012	21.765
<i>Índia</i>	13.160	10.300	14.720	14.000	14.172	14.710
<i>Argentina</i>	15.365	15.000	15.040	15.000	20.482	14.446
<i>França</i>	16.408	16.440	11.991	16.391	13.849	12.902
<i>Indonésia</i>	9.347	9.654	10.886	11.225	12.013	11.611
<i>Itália</i>	10.554	10.554	8.702	11.375	10.427	9.671
<i>Canadá</i>	8.389	8.999	9.587	8.836	9.461	9.268

Fonte FAOSTAT – Agriculture (2008)

De uma produção total, no ano de 2007, de cerca de 779 milhões de toneladas (USDA, 2008), cerca de 99 milhões foram comercializadas internacionalmente (aproximadamente 13% da produção total, em 2007, com uma expectativa de 11,8% em 2008). Isso indica que o milho destina-se principalmente ao consumo interno. Deve-se ressaltar que, devido ao seu baixo custo de mercado, os custos de transporte afetam muito a remuneração da produção obtida em regiões distantes dos pontos de consumo, reduzindo o interesse no deslocamento da produção a maiores distâncias, ou em condições em que a logística de transporte é desfavorável.

O mercado mundial de milho é abastecido basicamente por três países, os Estados Unidos (62 milhões de toneladas de exportações, em 2007), a Argentina (14,5 milhões de toneladas, em 2007) e, mais recentemente, o Brasil (10,5 milhões de toneladas, em 2007). A principal vantagem desses países é uma logística favorável, que pode ser decorrente da excelente estrutura de transporte (caso dos EUA), proximidade dos portos (caso da Argentina). O Brasil participa eventualmente desse mercado, porém, a instabilidade cambial e a deficiência da estrutura de transporte

até aos portos têm prejudicado o país na busca de uma presença mais constante no comércio internacional de milho.

Os principais consumidores são o Japão (16,7 milhões de toneladas, em 2007/08), Coréia do Sul (8,8 milhões de toneladas, em 2007/08), México (8,94 milhões de toneladas, em 2007/08) e Egito (4,83 milhões de toneladas, em 2007/08). Outros importadores relevantes são os países do Sudeste de Ásia (4 milhões de toneladas, em 2007/08) e a Comunidade Européia (7,06 milhões de toneladas, em 2007/08). Nesses dois últimos casos, além das importações, ocorre um grande montante de trocas entre os países que compõem cada um desses blocos.

Um fato importante a destacar é que a China vem gradativamente diminuindo seus estoques (formados, em grande parte, como política derivada da Guerra Fria), por meio de uma agressiva política de exportação. Como a produção chinesa não tem sido suficiente para atender uma demanda crescente, a China deverá, em uma primeira fase, reduzir as exportações e, em uma segunda fase, passar de exportadora a importadora líquida de milho, em um curto período de tempo. Essa situação abrirá um mercado de cerca de oito ou nove milhões de toneladas adquiridas anualmente por países asiáticos que tradicionalmente compravam da China.

Para finalizar, está ocorrendo um processo de incremento de produção de etanol a partir do milho, nos Estados Unidos, o que pode incrementar o consumo interno desse cereal e reduzir as quantidades disponíveis para exportação, no país que é responsável por mais de 50% da quantidade comercializada internacionalmente.

1.2.2 Suínos e aves

As principais utilizações do milho no mundo são as atividades de criação de aves e suínos. Existem previsões de que a demanda mundial de carnes continue crescendo e estimativas apontam um consumo superior a 110 milhões de toneladas de carne suína e quase 70 milhões de toneladas de carne de frango, até o ano de 2015.

A China é o país que mais produz e consome carne suína: aproximadamente 50 milhões de toneladas. O segundo lugar é ocupado pelos Estados Unidos, com cerca de 9,5 milhões de toneladas. O Brasil é o sétimo produtor mundial (Tabela 1.2). O consumo per capita registrado no Brasil, de 12 kg/hab/ano, ainda é baixo, quando comparado com o observado na China, Estados Unidos e União Européia, que é de 30, 28 e 42 kg/hab/ano, respectivamente. O crescimento verificado nos últimos anos, na China, é impressionante, pois foi incorporada à produção uma quantidade quase equivalente ao total de carne suína produzida nos Estados Unidos. Com certeza, esse crescimento está exercendo uma forte pressão sobre a quantidade demandada de milho necessária para alimentação do rebanho suíno.

O custo de produção de carne suína na China (US\$ 1,32/kg vivo), entretanto, é mais que o dobro do verificado no Brasil (US\$ 0,62/kg vivo) e maior que o observado na União Européia (US\$ 1,10/kg vivo) e nos Estados Unidos (US\$ 0,77/kg vivo) (ROPPA, 2000). Além disso, os números de animais por km², que são de 50,6 na China; 36,8 na União Européia e 10,2 nos Estados Unidos, são substancialmente maiores que os aproximadamente 4,5 animais por km² no Brasil. A alta densidade populacional de suínos traz sérias implicações ambientais, derivadas dos efeitos

nocivos causados pela disposição dos dejetos dos animais no meio ambiente, e já afeta as decisões sobre a localização de novos empreendimentos voltados para a criação de suínos. Deve-se registrar que, mesmo no Brasil, essas considerações crescem de importância e têm direcionado a produção para áreas com menor concentração de animais e menor impacto ambiental da disposição dos resíduos, localizadas principalmente na região Centro-Oeste.

Tabela 1.2. Principais países produtores de carne suína (2001-2006).

País/Ano	Produção (1.000 t)					
	2001	2002	2003	2004	2005	2006
<i>China</i>	42.982	44.358	46.233	48.118	51.202	52.927
<i>Estados Unidos</i>	8.691	8.929	9.056	9.312	9.392	9.549
<i>Alemanha</i>	4.074	4.110	4.239	4.323	4.499	4.499
<i>Espanha</i>	2.989	3.070	3.190	3.176	3.130	3.230
<i>Brasil</i>	2.637	2.798	3.059	3.110	3.140	3.140
<i>Vietnã</i>	1.515	1.654	1.795	2.012	2.288	2.446
<i>Polônia</i>	1.849	2.023	2.209	1.956	1.955	2.092
<i>França</i>	2.315	2.346	2.339	2.293	2.018	2.011
<i>Canadá</i>	1.731	1.858	1.882	1.936	2.617	1.898
<i>Dinamarca</i>	1.716	1.759	1.762	1.810	2.014	1.749
Total Mundial	92.082	95.249	98.473	100.484	104.333	105.484

Fonte FAOSTAT – Agriculture (2008)

Com relação à produção de carne de frango, os Estados Unidos, com aproximadamente 16 milhões de toneladas, são o maior produtor mundial, seguidos pela China e Brasil (Tabela 1.3). A produção mundial é crescente, porém esse crescimento se distribui de maneira mais uniforme entre os principais produtores.

Tabela 1.3. Principais países produtores de carne de aves (2001-2006).

País /Ano	Produção (1.000 t)					
	2001	2002	2003	2004	2005	2006
<i>Estados Unidos</i>	14.267	14.701	14.924	15.514	16.042	15.946
<i>China</i>	9.070	9.275	9.660	9.895	14.624	10.701
<i>Brasil</i>	6.208	7.050	7.760	8.668	8.510	8.507
<i>México</i>	1.928	2.076	2.116	2.225	2.457	2.411
<i>Índia</i>	1.250	1.400	1.600	1.650	1.973	2.000
<i>Federação Russa</i>	862	938	1.030	1.152	1.345	1.534
<i>Japão</i>	1.216	1.229	1.239	1.242	1.338	1.336
<i>Indonésia</i>	900	1.083	1.118	1.191	1.423	1.333
<i>Reino Unido</i>	1.263	1.272	1.295	1.288	1.404	1.331
<i>Argentina</i>	950	699	738	866	1.010	1.156
Total Mundial	61.523	64.262	65.874	68.322	71.940	72.775

Fonte FAOSTAT – Agriculture (2008)

1.3 Panorama Nacional

1.3.1 Produção de Milho

A produção de milho, no Brasil, tem-se caracterizado pela divisão da produção em duas épocas de plantio (Tabela 1.4). Os plantios de verão, ou primeira safra, são realizados na época tradicional, durante o período chuvoso, que varia entre fins de agosto, na região Sul, até os meses de outubro/novembro, no Sudeste e Centro-Oeste (no Nordeste, esse período ocorre no início do ano). Mais recentemente, tem aumentado a produção obtida na chamada safrinha, ou segunda safra. A safrinha se refere ao milho de sequeiro, plantado extemporaneamente, em fevereiro ou março, quase sempre depois da soja precoce, predominantemente na região Centro-Oeste e nos estados do Paraná e São Paulo. Verifica-se um decréscimo na área plantada no período da primeira safra, em decorrência da concorrência com a soja, o que tem sido parcialmente compensado pelo aumento dos plantios na safrinha. Embora realizados em uma condição desfavorável de clima, os plantios da safrinha vêm sendo conduzidos dentro de sistemas de produção que têm sido gradativamente adaptados a essas condições, o que tem contribuído para elevar os rendimentos das lavouras.

Tabela 1.4. Produção brasileira de milho.

<i>Safra</i>	<i>2004/05</i>	<i>2005/06</i>	<i>2006/07</i>	<i>2005/06</i>	<i>2006/07*</i>
	<i>Produção (1.000 t)</i>				
<i>Total</i>	47.411	42.192	39.040	45.514	50.567
<i>1ª Safra</i>	34.614	31.617	29.319	31.809	36.542
<i>2ª Safra</i>	12.797	10.574	9.721	10.705	14.025
	<i>Área plantada (1.000 ha)</i>				
<i>Total</i>	13.226	12.822	12.297	12.963	13.836
<i>1ª Safra</i>	9.664	9.465	9.195	9.652	9.444
<i>2ª Safra</i>	3.563	3.357	3.102	3.311	4.392
	<i>Rendimento (kg.ha⁻¹)</i>				
<i>Total</i>	3.585	3.291	3.175	3.279	3.655
<i>1ª Safra</i>	3.582	3.340	3.189	3.295	3.869
<i>2ª Safra</i>	3.592	3.150	3.134	3.233	3.193

*Preliminar

Fonte: CONAB (2008)

A baixa produtividade média de milho, no Brasil (3.655 kg por hectare), não reflete o bom nível tecnológico já alcançado por boa parte dos produtores que exploram lavouras comerciais, uma vez que as médias são obtidas nas mais diferentes regiões, em lavouras com diferentes sistemas de cultivos e finalidades.

O milho é cultivado em praticamente todo o território, sendo que 92% da produção concentrara-se nas regiões Sul (47% da produção), Sudeste (21% da produção) e Centro - Oeste (24% da produção). A participação dessas regiões, em área plantada e produção, vem-se alterando ao longo dos anos.

A evolução da produção de milho da primeira e segunda safras, nas principais regiões produtoras e respectivos estados, é mostrada nas Tabelas 1.5 e 1.6.

Tabela 1.5. Produção de milho da primeira safra, no Centro-Sul do Brasil (em 1.000 t).

<i>Região/UF</i>	<i>2004/05</i>	<i>2005/06</i>	<i>2006/07</i>	<i>2005/06</i>	<i>2006/07*</i>
Centro-Oeste	3.308	3.479	4.664	3.479	4.664
MT	532	475	854	475	854
MS	441	520	577	520	577
GO	2.165	2.280	2.966	2.280	2.966
DF	169	203	265	203	265
Sudeste	9.466	8.993	9.657	8.993	9.657
MG	6.068	5.186	6.201	5.186	6.201
ES	119	84	92	83	92
RJ	26	27	23	26	23
SP	3.251	3.697	3.340	3.697	3.340
Sul	10.926	15.482	18.622	15.482	18.622
PR	6.537	7.756	8.804	7.756	8.804
SC	2.818	3.178	3.863	3.178	3.863
RS	1.571	4.547	5.954	4.547	5.954
Centro-Sul	23.701	27.955	32.943	27.955	32.943
Brasil	27.272	31.809	36.542	31.809	36.542

*Preliminar

Fonte: CONAB (2008)

Nota-se que a produção obtida na primeira safra (com exceção da safra de 2004/05, afetada por problemas climáticos) manteve-se relativamente estável, em que pese a redução da área plantada (e mesmo o deslocamento das melhores áreas e dos agricultores comerciais para a cultura da soja). Esse equilíbrio foi conseguido pelo incremento da produtividade agrícola nos principais estados produtores, nos quais a produtividade média, na safra de verão (1ª safra) já é superior a 4.500 kg/ha. A produtividade na safrinha (2ª safra), embora menor que a da safra normal, tem

mostrado tendência de crescimento, demonstrando a maior adoção de tecnologias de produção nessa época de plantio, apesar das restrições climáticas.

1.3.2 Suínos e aves

Diferente do que acontece no mundo, onde a carne suína é a mais consumida, no Brasil, a carne mais consumida é a de frango, seguida da carne bovina e da suína. A Tabela 1.7 mostra a evolução da produção de carnes no Brasil (os dados diferem dos das tabelas 1.2 e 1.3, devido à diferença de fontes).

Tabela 1.6. Produção de milho brasileira, na segunda safra (em 1.000 t).

REGIÃO/UF	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07*
Nordeste	254	219	219	472	481,3
BA	254	219	219	472	481,3
Centro-Oeste	5.843	5.503	4.603	6.112	8.410,6
MT	2.456	2.768	2.938	3.553	5.074
MS	2.359	1.814	998	1.720	23.908
GO	1.002	896	636	808	921,3
DF	27	24	30	30	24,0
Sudeste	1.183	1.134	836	658	740
MG	120	98	104	94	98,1
SP	1.063	1.036	732	563	641,9
Sul	5.517	3.669	1.806	3.416	5.047,1
PR	5.517	3.669	1.806	3.416	5.047,1
Centro-Sul	12.543	10.306	7.246	10.187	14.197,7
Brasil	12.797	10.574	7.704	10.705	14.773

*Preliminar

Fonte: CONAB (2008).

A produção de carne de frango é o segmento do setor de proteínas animais que mais cresce no país, sendo impulsionado pelas exportações. Do total produzido em 2004, cerca de 71% destinaram-se ao mercado interno e 29% foram exportados. O Brasil é o maior exportador mundial de carne de frango e exportou, em 2004, para 136 diferentes países, sendo que os do Oriente Médio, Ásia e União Européia foram os que mais adquiriram o frango brasileiro.

Mais recentemente, verifica-se um forte incremento das exportações de carnes bovinas. A evolução das exportações brasileiras de carnes está mostrada na Tabela 1.8. As exportações de bovinos e aves foram as que mais cresceram.

Para atender a demanda por ração animal, estima-se que foram consumidas cerca de 28 milhões de toneladas de milho, em 2006 (Tabela 1.9). Para 2015, estima-se que, para atender, primordialmente, o segmento de ração animal, a produção brasileira de milho terá que ser de aproximadamente 55 milhões de toneladas.

Tabela 1.7. Evolução da produção de carnes no Brasil (em 1.000 t).

Ano	Aves	Suínos	Bovinos
1999	4.681,3	1.237,8	3.806,7
2000	5.082,0	1.348,5	3.899,8
2001	5.566,7	1.588,1	4.330,3
2002	6.068,9	1.881,1	4.699,6
2003	6.226,4	1.917,5	4.977,2
2004	7.031,5	1.867,6	5.906,2
2005	7.865,8	2.156,5	6.345,8
2006	8.164,0	2.297,9	6.886,6
2007	8.988,1	2.436,3	7.012,0

Fonte: IBGE (2008).

Tabela 1.8. Evolução das exportações brasileiras de carnes (em toneladas).

Tipo	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<i>Carne suína "in natura"</i>	449.202	458.031	502.754	617.057	518.643	582.564
<i>Carne de peru "in natura"</i>	89.151	110.446	134.338	118.837	78.991	84.202
<i>Carne de frango "in natura"</i>	1.599.924	1.922.046	2.424.513	2.761.972	2.585.713	3.007.075
<i>Carne bovina "in natura"</i>	430.272	620.118	992.578	1.151.678	1.303.728	1.376.916

Fonte: MDIC/SECEX – Aliceweb (2008).

Tabela 1.9. Consumo de milho por segmento (em milhões de toneladas)

Carne	2005	2006	2007	Variação 2006/07 (%)
<i>Frango</i>	14,60	15,0	16,1	7,33
<i>Ovo</i>	2,30	2,30	2,4	4,35
<i>Suínos</i>	8,40	8,40	8,84	5,24
<i>Bovinos</i>	1,21	1,23	1,31	6,54
<i>Outros</i>	1,49	0,7	0,7	0
<i>Rações</i>	28,00	27,63	29,4	6,41

Fonte: Sindirações (2008)

Outro aspecto relevante que deve ser destacado é a localização das unidades industriais de suínos e aves. A região Sul ainda concentra a maioria da produção e vem apresentando crescimento dessa atividade. Mais recentemente, a produção de suínos e de frangos, na região Centro-Oeste, vem mostrando forte expansão, vinculada à crescente produção de soja e milho nessa região. Essa tendência é plenamente justificável, em razão do peso que representa o milho e a soja no custo final da ração, tanto para aves quanto para suínos. Além disso, o custo de transporte, especialmente no Brasil, onde são precárias as condições de infra-es-

trutura, onera muito o preço do milho, quando transportado a longas distâncias, refletindo na elevação do custo da ração. Assim, há tendência de se consumir o milho o mais próximo possível das áreas de produção.

1.4 Mercado do milho

O milho se caracteriza por se destinar tanto ao consumo humano como por ser empregado na alimentação de animais. Em ambos os casos, algum tipo de transformação industrial ou na própria fazenda pode ser necessário. Um resumo de possíveis utilizações do milho pode ser encontrado na Tabela 1.10. Nas seções seguintes, as principais transformações necessárias para o consumo animal e humano serão exploradas.

1.4.1 Consumo humano

Mesmo para o consumo humano, o milho necessita de alguma transformação. À exceção do consumo quando os grãos estão em estado leitoso, ou “verde”, os grãos secos não podem ser consumidos diretamente pelos seres humanos.

O milho pode ser industrializado através dos processos de moagem úmida e seca. Esse último é o mais utilizado no Brasil. Desse processo, resultam subprodutos como a farinha de milho, o fubá, a quirera, farelos, óleo e farinha integral desengordurada, envolvendo escalas menores de produção e menor investimento industrial. O processamento industrial do milho rende, em média, 5% do seu peso na forma de óleo. Através do processo de moagem úmida, o principal subproduto obtido é o amido, cujo nome do produto foi praticamente substituído pela designação comercial de maizena.

Tabela 1.10. Os múltiplos uso do milho (planta, espiga e grão) no Brasil.

<i>Destinação</i>	<i>Forma/Produto Final</i>
<i>Uso animal direto</i>	Silagem; rolão; grãos (inteiro/desintegrado) para aves, suínos e bovinos.
<i>Uso humano direto de preparo caseiro</i>	Espiga assada ou cozida; pamonha; curau; pipoca; pães; bolos; broas; cuscu; polenta; angus; sopas; farofa.
<i>Indústria de rações</i>	Rações para aves (corte e postura); outras aves; suínos; bovinos (corte e leite); outros mamíferos.
<i>Indústria de alimentos</i>	amidos; fubás; farinhas comuns; farinhas pré-cozidas; flocadas; canjicas; óleo; creme; pipocas; glicose; dextrose.
<i>Produtos finais</i>	canjicas; sêmola; semolina; moído; granulado; farelo de germe.
<i>Intermediários</i>	
<i>Xarope de glucose</i>	Balas duras; balas mastigáveis; goma de mascar; doces em pasta; salsichas; salames; mortadelas; hambúrgueres; outras carnes processadas; frutas cristalizadas; compotas; biscoitos; xaropes; sorvetes; para polimento de arroz.
<i>Xarope de glucose com alto teor de maltose</i>	Cervejas
<i>Corantes caramelo</i>	Refrigerantes; cervejas; bebidas alcoólicas; molhos.
<i>Maltodextrinas</i>	Aromas e essências; sopas desidratadas; pós para sorvetes; complexos vitamínicos; produtos achocolatados.
<i>Amidos alimentícios</i>	Biscoitos; melhoradores de farinhas; pães; pós para pudins; fermento em pó; macarrão; produtos farmacêuticos; balas de goma.
<i>Amidos industriais</i>	Para papel; papelão ondulado; adesivos; fitas gomadas; briquetes de carvão; engomagens de tecidos; beneficiamento de minérios.
<i>Dextrinas</i>	Adesivos; tubos e tubetes; barricas de fibra; lixas; abrasivos; sacos de papel; multifolhados; estampagem de tecidos; cartonagem; beneficiamento de minérios.
<i>Pré-gelatinizados</i>	Fundição de peças de metal.
<i>Adesivos</i>	Rotulagem de garrafas e de latas; sacos; tubos e tubetes; fechamento de caixas de papelão; colagem de papel; madeira e tecidos.
<i>Ingredientes protéicos</i>	Rações para bovinos; suínos; aves e cães.

Fonte: Jornal Agroceres (1994)

A moagem seca é o processo mais utilizado, devido à pequena necessidade de maquinaria e também à simplicidade dessas. As indústrias que utilizam esse tipo de processamento de milho são geralmente de pequeno porte e quase que totalmente dedicadas ao consumo local. A tendência recente está na concentração desses produtos em indústrias de maior porte. Como a maioria das indústrias é de pequena dimensão e voltada para o abastecimento local, a proximidade do mercado é mais importante do que a localização das fontes de produção de milho.

Além dos produtos derivados da moagem seca, uma série de novos produtos industriais foram acrescentados dentre os destinados ao consumo humano. Os de maior importância são o amido, derivado da moagem úmida, e o óleo de milho. Devido à complexidade de seu processamento, e à necessidade de capital envolvido, esses produtos são oriundos de empresas de grande porte.

Mais recentemente, tem aumentado a produção do milho especificamente destinado ao enlatamento. Essa indústria tem evoluído em termos de qualidade, pois, mais recentemente, com a disponibilidade de novos materiais adaptados ao país, passou a processar milho do tipo doce. Existe um movimento no sentido da transferência dessa indústria, anteriormente localizada principalmente no extremo Sul do Brasil, para as regiões de Minas Gerais e de Goiás, onde, com as novas cultivares, é possível a produção durante todo o ano, aproveitando a infra-estrutura de irrigação existente.

1.4.2 Consumo animal

Nesse ponto, a cadeia produtiva do milho passa a se inserir na cadeia produtiva do leite, de ovos e da carne bovina, suína e

de aves, sendo esse o canal por onde os estímulos do mercado são transmitidos aos agricultores. Mudanças nessas cadeias passam a ser de vital importância como incentivadoras do processo produtivo do milho. Três grandes derivações ocorrem nesse item: **a)** a produção de silagem, para alimentação de vacas em produção de leite e, mais recentemente, de gado confinado para engorda no período de inverno; **b)** a industrialização do grão de milho em ração; **c)** o emprego do grão em mistura com concentrados protéicos, para a alimentação de suínos e de aves.

A atividade de produção de milho para silagem tem sofrido forte influência, tanto da necessidade de modernização do setor de pecuária leiteira como do incremento das atividades de confinamento bovino que ocorreram nos últimos anos.

No caso do item **b)**, o processo de transformação é tipicamente industrial, que resulta no fornecimento de rações prontas, principalmente utilizadas na criação de animais de estimação, como cães, gatos etc.

Na criação de suínos, item **c)**, devido à quantidade relativamente grande de milho necessária, esse normalmente é adquirido em grão ou é parcialmente produzido pelos criadores, para mistura com concentrados, na propriedade rural.

1.4.3 Processamento na fazenda

Uma parcela importante do milho produzido no estado destina-se ao consumo ou a transformações em produtos destinados ao consumo na própria fazenda. O milho destinado ao consumo humano - principalmente na forma de fubá, farinha ou can-

jica - tem menor quantitativo, frente ao destinado à alimentação de pequenos animais, geralmente aves e suínos.

Embora esse estágio da cadeia do milho possa gerar eventualmente algum excedente para comercialização fora da propriedade agrícola, sua importância no que diz respeito ao abastecimento urbano é, hoje, muito reduzida. O aumento na eficiência dos sistemas alternativos de produção de aves e suínos, as próprias características dos produtos demandados pelos consumidores urbanos e as quantidades necessárias para atingir escalas mínimas que compensem o transporte para as regiões consumidoras reduziu muito sua capacidade de competição. Sua importância, hoje, é muito maior na subsistência dessas populações rurais do que como fator de geração de renda capaz de promover melhorias substanciais em seu padrão de vida. O desafio que se defronta nesse elo da cadeia seria a transformação da capacidade desses agricultores de se integrarem em cadeias de processamento de milho mais modernas e competitivas, sem o que sua situação de marginalidade frente ao processo de desenvolvimento do país não será modificada.

1.5 Custo de produção

1.5.1 Sistemas de produção de milho

Há uma grande diversidade nas condições de cultivo do milho, no Brasil. Observa-se desde a agricultura tipicamente de subsistência, sem a utilização de insumos modernos (produção voltada para consumo na propriedade e eventual excedente comercializado) até lavouras que utilizam o mais alto nível tecnológico, alcançando produtividades equivalentes às obtidas em países de agricultura mais avançada. Independentemente da re-

gião, os seguintes sistemas de produção de milho são bastante evidentes:

1.5.1.1 Produtor comercial de grãos

Normalmente produzem milho e soja em rotação, podendo também envolver outras culturas. São especializados na produção de grãos e têm por objetivo a comercialização da produção. Plantam lavouras maiores. Utilizam a melhor tecnologia disponível, predominando o plantio direto. São os grandes responsáveis pelo abastecimento do mercado.

1.5.1.2 Produtor de grãos e pecuária

Nesse caso, o agricultor usa um nível médio de tecnologia, por lhe parecer o mais adequado, em termos de custo de produção. É comum o plantio de milho visando a renovação de pastagens. A região, muitas vezes, não produz soja e o milho é a principal cultura. As lavouras são de tamanho pequeno a médio. A capacidade gerencial não é tão boa e, muitas vezes, as operações agrícolas não são realizadas no momento oportuno, com o insumo adequado ou na quantidade adequada. A qualidade das máquinas e equipamentos agrícolas pode também comprometer o rendimento do milho.

Recentemente, vem sendo implementada a recuperação de pastagens degradadas, que ocupam praticamente 50 milhões de hectares. À medida que avance o programa de recuperação, deverá haver aumento na oferta de milho, uma vez que o sistema de integração lavoura-pecuária, utilizando milho, tem-se mostrado o mais apropriado para esse fim.

1.5.1.3 Pequeno produtor

É aquele produtor de subsistência, e a maior parte de sua produção é consumida na propriedade. O nível tecnológico é baixo, inclusive envolvendo o uso de semente não melhorada. O tamanho da lavoura é pequeno. Essa produção tem perdido importância no que se refere ao abastecimento do mercado.

1.5.1.4 Produção de milho safrinha

Esse tipo de exploração ocupa, hoje, cerca de três milhões de hectares de milho, plantados principalmente nos seguintes estados: Paraná, São Paulo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás. O milho é semeado extemporaneamente, após a soja precoce. O rendimento e o nível tecnológico dependem muito da época de plantio. Nos plantios mais cedo, o sistema de produção é, às vezes, igual ao utilizado na safra normal. Nos plantios tardios, o agricultor reduz o nível tecnológico, em função do maior risco da cultura, devido, principalmente, às condições climáticas (frio excessivo, geada e deficiência hídrica). A redução do nível tecnológico refere-se, basicamente, à semente utilizada e à redução nas quantidades de adubos e defensivos aplicados. Essa oferta tem sido importante para a regularização do mercado.

1.5.2 Coeficientes técnicos

Dos sistemas de produção identificados, o que mais prontamente assimila as tecnologias disponíveis na busca de competitividade diz respeito ao “produtor comercial de grãos”. Para esse sistema, tem-se observado grande homogeneização do padrão tecnológico empregado pelos produtores na condução das lavouras de milho, variando pouco entre as principais regiões produtoras.

Evidentemente, não existe um padrão tecnológico único que atenda a todos os sistemas de produção utilizados e que se adapte a todas as situações inerentes a cada lavoura. Entretanto, especificamente com relação aos produtores enquadrados no sistema acima citado, é possível, com razoável precisão, identificar um padrão tecnológico que se apresenta como o mais adequado para essas lavouras.

Os coeficientes técnicos foram elaborados para as três situações predominantes nas lavouras comerciais, quais sejam: safra normal usando sistema plantio direto (Tabela 1.11), safra normal usando plantio convencional (Tabela 1.12) e safrinha (Tabela 1.13).

1.6 Considerações finais

Uma vez que a produção mundial de suínos e aves, principais consumidores de milho, continuará crescendo, a indagação que se faz é sobre que regiões reúnem as condições mais favoráveis para dar suporte a esse crescimento.

Certamente, haverá um grande peso no sentido de favorecer regiões produtoras de milho que disponham de boa logística de transporte para atender a consumidores situados em uma distância razoável. Esse atendimento regional é da maior importância para a sustentabilidade da atividade produtiva, pois provê um escoamento seguro para a produção. Outro fator importante é a disponibilidade de um sistema de armazenamento eficiente, que possibilite aos agricultores realizar a comercialização da produção de forma mais lucrativa ao longo do ano. A disponibilidade de um sistema de comercialização eficiente também é parte desse complexo de aspectos, que aumenta a competitividade dos produtores de milho de determinada região. Para finalizar, embora o

atendimento a consumidores localizados a distâncias mais curtas possível seja vital, o estabelecimento de um canal de comércio exterior é interessante, tendo em vista que esse fornecerá um piso de flutuação dos preços mais estável do que os normalmente verificados nos preços internos.

Tabela 1.11. Coeficientes técnicos de produção para um hectare de milho (plantio direto: produtividade 7.000 kg.ha⁻¹).

Descrição	Especificação	Unidade	Quantidade Utilizada
Preparo do solo			
Calcário		t	0,7
Gesso		t	0,4
Distribuição do calcário	Trator 85 hp + calcariador	hm	0,125
Dessecação – herbicida	Glifosato	l	3
Distribuição de herbicida	Trator 85 hp + pulv. Barra 2000 l	hm	0,3
Mão-de-obra distribuição de herbicida		dh	0,25
Plantio			
Sementes	Híbridos simples ou triplo	sc.	1
Tratamento de sementes			
Fungicida		l	0,02
Inseticida		l	0,4
Adubação	8-28-16 + FTE	kg	300
Plantio/adubação mecânica	Trator 120 hp + plant / adub. 12 linhas	hm	0,8
Transporte interno plantio	Trator 85 hp + carreta 8 t	hm	0,3
Tratos culturais			
Adubação de cobertura	Uréia	kg	200
Aplic. adubação de cobertura	Trator 85 hp + distr. adubo 5 linhas	hm	0,6
Herbicida – Pós			
Herbicida 1		l	2,5
Herbicida 2		l	0,8
Aplicação de herbicida	Trator 85 hp + pulv. Barra 2000 l (1X)	hm	0,3
Controle de pragas			
Inseticida 1	Piretróide	l	0,3
Inseticida 2	Fisiológico	l	0,6
Espalhante adesivo	Óleo mineral	l	1
Aplicação de inseticida	Trator 85 hp + pulv. Barra 2000 l (2X)	hm	0,6
Controle de formigas			
Formicida	Isca	kg	0,6
Colheita			
Colheita mecânica	Colheitadeira plataforma 4m	hm	0,85
Transporte interno	Trator 85 hp + carreta 8 t	hm	0,3

Tabela 1.12. Coeficientes técnicos de produção para um hectare de milho (plantio convencional de 7.000 kg.ha⁻¹).

Descrição	Especificação	Unidade	Quantidade Utilizada
Preparo do solo			
Calcário		t	0,7
Gesso		t	0,4
Distribuição do calcário			
Gradagem aradora	Trator 120 hp + grade pesada.	hm	1,6
Gradagem niveladora	Trator 120 hp + grade nivel.	hm	0,4
Plantio			
Sementes	Híbridos simples ou triplo	sc	1
Fungicida		l	0,02
Inseticida		l	0,4
Distribuição manual de inseticida		dh	0,05
Adubação	8-28-16 + FTE-CAMPO	kg	300
Plantio/adubação mecânica	Trator 120 hp + plant / adub. 12 linhas	hm	0,8
Transporte interno plantio	Trator 85 hp + carreta 8 t	hm	0,3
Tratos culturais			
Adubação de cobertura	Uréia	kg	200
Aplic. Adubação de cobertura		hm	0,6
Herbicida – Pós			
Herbicida 1		l	2,5
Herbicida 2		l	0,8
Aplicação herbicida - máquina	Trator 85 hp + pulv. barra 2000 l	hm	0,3
Mão-de-obra aplic. herbicida		dh	0,16
Inseticida			
Inseticida 1	Piretróide	l	0,3
Inseticida 2	Fisiológico	l	0,6
Espalhante adesivo	Óleo mineral	l	1
Aplicação de inseticida	Trator 85 hp + pulv. Barra 2000 l (2X)	hm	0,6
Mão-de-obra aplicação de inseticida		dh	0,32
Controle de formigas			
Formicida	Isca	kg	0,6
Colheita			
Colheita mecânica	Colheitadeira plataforma 4m	hm	0,85
Transporte interno	Trator 85 hp + carreta 8 t	hm	0,3

Tabela 1.13. Coeficientes técnicos de produção para um hectare de milho (safrinha: produtividade de 3.000 kg.ha⁻¹).

Descrição	Especificação (*)	Unidade	Quantidade Utilizada
Preparo do solo			
Dessecação			
<i>Herbicida 1</i>	Glifosato	l	1,5
<i>Herbicida 2</i>	2,4-D	l	0,5
<i>Distribuição de herbicida</i>	Trator 85 hp + pulv. Barra 2000 l	hm	0,15
<i>Mão-de-obra distribuição de herbicida</i>		dh	0,25
Plantio			
<i>Sementes</i>	Híbridos duplo ou triplo	sc.	1
<i>Adubo</i>	4-20-20	kg	200
<i>Plantio/adubação</i>	Trator 120 hp + plant / adub. 12 linhas	hm	0,8
<i>Transporte interno plantio</i>	Trator 85 hp + carreta 8 t	hm	0,3
Tratos culturais			
<i>Adubação de cobertura</i>	Uréia	kg	60
<i>Aplic. Adubação</i>		hm	0,5
<i>Inseticida</i>		l	0,6
<i>Aplicação de inseticida</i>	Trator 85 hp + pulv. Barra 2000 l (2X)	hm	0,3
<i>Mão-de-obra aplic. de Inseticida</i>		dh	0,32
Colheita			
<i>Colheita mecânica</i>	Colheitadeira plataforma 4m	hm	0,6
<i>Transporte interno</i>	Trator 85 hp + carreta 8 t	hm	0,3

1.7 Referências

CONAB. **Milho total (1ª e 2ª safra) Brasil** - Série histórica de área plantada - safra 1976-77 a 2006-07. Disponível em < <http://www.conab.gov.br/download/safra/MilhoTotalSerieHist.xls> > Acesso em: 12 maio 2008.

FAOSTAT-Agriculture- **Food And Agriculture Organization Of The United Nations** – Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/340/default.aspx>. > Acesso em: 11 maio 2008.

IBGE. Sistema de Recuperação Automática. **Tabelas 606; 607 e 608 – Peso Total das Carcaças de Bovinos, Suíno, Aves Abatidos**. Disponível em: < <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=606&z=t&o=21> > Acesso em: 12 julho 2007.

IBGE. Sistema de Recuperação Automática. **Tabela 1612 - Quantidade Produzida, Valor de Produção, Área Plantada e Área Colhida da Lavoura Temporária**. Disponível em: < <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1612&z=t&o=10> > Acesso em: 02 maio 2008.

JORNAL AGROCERES. São Paulo: AGROCERES, n. 219, janeiro 1994.

MDIC/SECEX–Aliceweb - **Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior via Internet**. Disponível em: <http://alicesweb.desenvolvimento.gov.br/default.asp>. > Acesso em: 18 de maio de 2008.

ROPPA, L. **Competition from South American Pork Production**, 2005. Disponível em: <http://www.banffpork.ca/proc/2005pdf/PFri-RoppaL.pdf>.> Acesso em: 02 maio 2006.

Sindirações. Perfil: Demanda de macroingredientes. Disponível em http://www.sindiracoes.org.br/asp/sindi_interna.asp?ir=sindi_perfil.asp>. Acesso em: 02 maio 2008.

USDA. **World Agricultural Supply and Demand Estimates (WASDE)**. United States Department of Agriculture - Office of the Chief Economist - Agricultural Marketing Service Economic Research Service - Farm Service Agency Foreign Agricultural Service. May 8, 2008.

Capítulo 2

Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho

Maria Cristina Dias Paes

2.1 Introdução

O milho é produzido em quase todos os continentes, sendo sua importância econômica caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vão desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia, como a produção de filmes e embalagens biodegradáveis. Cerca de 70% da produção mundial de milho é destinada à alimentação animal, podendo este percentual chegar a 85%, em países desenvolvidos. Em termos gerais, apenas 15% de toda a produção mundial destina-se ao consumo humano, de forma direta ou indireta (FAOSTAT, 2006).

Na safra de 2005, foram produzidos, no mundo, aproximadamente 700 milhões de toneladas de milho, sendo os maiores produtores os Estados Unidos, a China, o Brasil e o México, com produção de 280, 133, 35 e 20 milhões de toneladas, respectivamente. Mais de um bilhão de consumidores da África Subsaariana e da América Latina têm o milho como alimento básico e, em algumas situações, esse cereal constitui a única fonte diária da alimentação, a exemplo das populações do México e do Nordeste do Brasil, onde é a principal fonte de energia na dieta. O alto consumo de milho, por exemplo, 30-90 kg/per capita/ano, para a maioria dos países do oeste africano, satisfaz mais da metade das exigências totais de minerais em dietas das comunidades rurais, sendo tradicionalmente utilizado no preparo de pães, bebidas e mingaus ou papas, fermentados ou não, de textura fina a grossa. No Brasil, cerca de 4% do total da produção do milho, representando aproximadamente 1,6 milhão de toneladas, tem sido utilizada diretamente como alimento humano e cerca de 10% da produção, destinada às indústrias alimentícias, que transformam os grãos em diversos produtos, tais como amido, farinhas, canjica (mungunzá), flocos de milho e xaropes, entre outros

(ABIMILHO, 2006). Dados da última pesquisa de aquisição domiciliar do Brasil, realizada pelo IBGE, em 2002/2003, confirmam o milho como uma das mais importantes fontes alimentares da população brasileira. Na avaliação de consumo, a população da região Nordeste é a maior consumidora de milho, com per capita anual da ordem de 11 kg, cifra 40% superior à média nacional de consumo desse cereal (~7,7 kg). Mas o consumo de milho na zona rural brasileira é ainda mais expressivo, sendo a zona rural da região Sudeste a grande consumidora de milho e seus derivados, com consumo per capita de aproximadamente 31 kg, seguida pela zona rural da região Nordeste, com consumo de cerca de 20 kg/pessoa. Em todas as regiões brasileiras consumidoras de milho, as principais formas de aquisição domiciliar ainda são: o milho em grão, o milho em espiga ou enlatado, o creme de milho (fubá mimoso), os flocos de milho, o fubá (farinha de milho) e o pão de milho. Portanto, os produtos ou derivados obtidos através de moagem seca do milho são os mais apreciados, tendo participação efetiva como componente básico na dieta alimentar das camadas mais pobres da população.

2.2. Estrutura anatômica e composição química do grão de milho

Os grãos do milho são, geralmente, amarelos ou brancos, podendo apresentar colorações variando desde o preto até o vermelho. O peso individual do grão varia, em média, de 250 a 300mg e sua composição média em base seca é 72% de amido, 9,5% proteínas, 9% fibra (a maioria resíduo detergente neutro) e 4% de óleo. Conhecido botanicamente como uma cariopse, o grão de milho é formado por quatro principais estruturas físicas: endosperma, gérmen, pericarpo (casca) e ponta (Figura 2.1), as

quais diferem em composição química e também na organização dentro do grão.

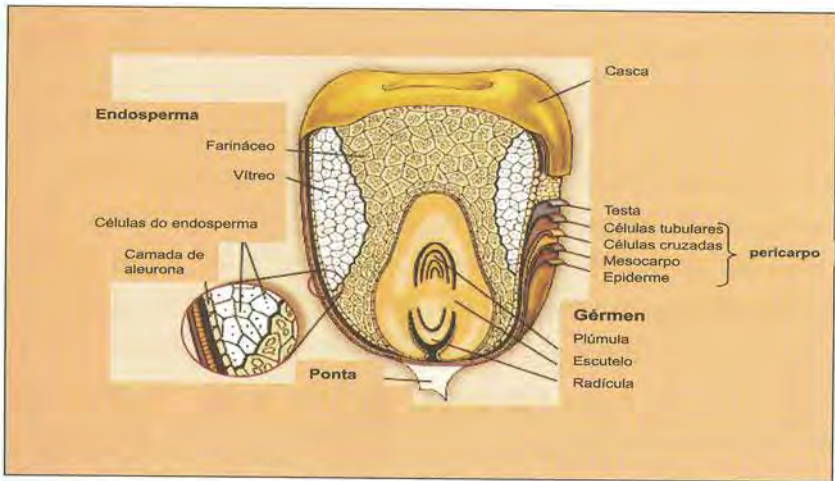


Figura 2.1. Anatomia do grão de milho e suas partes.

Fonte: adaptado de Encyclopedia Britannica (2006).

O endosperma representa aproximadamente 83% do peso seco do grão, consistindo principalmente de amido (88%), organizado na forma de grânulos. No endosperma, estão também presentes as proteínas de reserva (8%) do tipo prolaminas, chamadas zeínas. Essas proteínas formam os corpos protéicos que compõem a matriz que envolve os grânulos de amido dentro das células no endosperma. Com base na distribuição dos grânulos de amido e da matriz de proteína, o endosperma é classificado em dois tipos: farináceo e vítreo. No primeiro, os grânulos de amido são arredondados e estão dispersos, não havendo matriz protéica circundando essas estruturas, o que resulta em espaços vagos durante o processo de secagem do grão, a partir dos espaços que antes eram ocupados pela água, durante o desenvolvimento do grão. Por outro lado, no endosperma vítreo, a matriz protéica é densa, com corpos protéicos estruturados, que circundam os grâ-

nulos de amido de formato poligonal, não permitindo espaços entre essas estruturas. A denominação vítreo/farináceo refere-se ao aspecto dos endospermas nos grãos quando sujeitos à luz. No endosperma farináceo, os espaços vagos permitem a passagem da luz, conferindo opacidade ao material. De forma oposta, a ausência de espaços entre os grânulos de amido e a matriz protéica promove a reflexão da luz, resultando em aspecto vítreo ao endosperma observado nessas condições. Essa propriedade tem sido aplicada para a identificação de materiais duros e farináceos, embora a vitreosidade e a dureza sejam distintas propriedades.

No endosperma, especificamente, na camada de aleurona e no endosperma vítreo, estão presentes os carotenóides, substâncias lipídicas que conferem a cor aos grãos de milho. Zeaxantina, luteína, beta-criptoxantina, alfa e betacarotenos são os principais carotenóides nos grãos de milho.

O gérmen representa 11% do grão de milho e concentra quase a totalidade dos lipídeos (óleo e vitamina E) (83%) e dos minerais (78%) do grão, além de conter quantidades importantes de proteínas (26%) e açúcares (70%).

Tabela 2.1. Percentagem do constituinte total indicado nas estruturas físicas específicas do grão de milho.

Fração	% grão	Amido	Lipídeos	Proteínas	Minerais	Açúcares	Fibras ou conteúdo celular
% da parte (base seca)							
<i>Endosperma</i>	82	98	15,4	74	17,9	28,9	
<i>Gérmen</i>	11	1,3	82,6	26	78,4	69,3	12
<i>Pericarpo</i>	5	0,6	1,3	2,6	2,9	1,2	54
<i>Ponta</i>	2	0,1	0,8	0,9	1,0	0,8	7,0

Fonte: Adaptado de Watson (2005)

Essa fração é a única viva do grão e onde estão presentes as proteínas do tipo albuminas, globulinas e glutelinas, que diferem significativamente, em composição e organização molecular, daquelas encontradas no endosperma e, por conseguinte, diferenciando das primeiras em qualidade nutricional e propriedades tecnológicas. As proteínas de reserva, encontradas em maior abundância no grão de milho, são ricas nos aminoácidos metionina e cisteína, mas são pobres em lisina e triptofano, essenciais à nutrição humana e de alguns monogástricos (YOUNG & PELLET 1994). Por esse motivo, a qualidade da proteína, em milhos normais, é baixa, correspondente a 65% daquela presente no leite, considerada um padrão para a nutrição humana (PAES & BICUDO, 1997). Por outro lado, as proteínas de reserva possuem quantidades elevadas dos aminoácidos glutamina, leucina, alanina e prolina, que conferem alta hidrofobicidade ao resíduo protéico extraído do endosperma no processo de produção do amido de milho (SHOTWELL AND LARKINS, 1989). Esse produto é considerado, nos países desenvolvidos, como de grande importância industrial, sendo utilizado como matéria-prima para a fabricação de filmes comestíveis destinados ao revestimento de frutas, verduras e grãos, a fim de estender a vida de prateleira desses produtos. As zeínas são, ainda, utilizadas na fabricação de fibras para várias aplicações, no encapsulamento de sementes e na fabricação de embalagens biodegradáveis (LAWTON, 2002).

A composição do óleo presente no gérmen do milho é distinta da dos outros óleos vegetais quanto aos percentuais de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e polinsaturados (Figura 2.2). Entretanto, o óleo de milho possui composição de ácidos graxos polinsaturados (WEBER, 1983) semelhante aos óleos de soja e girassol. Nesses óleos vegetais, o principal componente é o ácido graxo linoléico, contendo um pequeno percentual do

ácido graxo linolênico, que são considerados essenciais à nutrição humana e a alguns animais, dada a incapacidade de síntese dos mesmos pelo organismo.



Figura 2.2. Composição química de alguns óleos vegetais (Fonte: LEE et al., 1998; MASSON, 1981)

O pericarpo representa, em média, 5% do grão, sendo a estrutura que protege as outras partes do grão da elevada umidade do ambiente, insetos e microrganismos. As camadas de células que compõem essa fração são constituídas de polissacarídeos do tipo hemicelulose (67%) e celulose (23%), embora também contenha lignina (0.1%).

A ponta é a menor estrutura, 2% do grão, e é responsável pela conexão do grão ao sabugo, sendo a única área do grão não coberta pelo pericarpo. Sua composição é essencialmente de material lignocelulósico.

2.3 Classificação do milho quanto ao tipo de grãos

Baseadas nas características do grão, existem cinco classes ou tipos de milho: dentado, duro, farináceo, pipoca e doce. A maioria do milho comercial produzido nacionalmente é do tipo duro ou “flint”, enquanto, nos países de clima temperado, a predominância é do tipo dentado.

A principal diferença entre os tipos de milho é a forma e o tamanho dos grãos, definidos pela estrutura do endosperma e o tamanho do gérmen (Figura 2.3). Milhos duros diferem dos milhos farináceos e dentados na relação de endosperma vítreo: endosperma farináceo. Nos milhos dentados, o endosperma farináceo concentra-se na região central do grão, entre a ponta e o extremo superior. Nas laterais dessa faixa e no verso do grão está localizado o endosperma vítreo.

Durante a secagem do grão, o encolhimento do endosperma farináceo resulta na formação de uma indentação na parte superior do grão, caracterizando o milho como dentado. O milho duro possui um volume contínuo de endosperma vítreo, que resulta em grãos lisos e mais arredondados, com uma aparência dura e vítrea. Nos grãos do tipo farináceo, existe a mesma indentação do milho dentado, porém o endosperma é completamente farináceo, resultando em uma aparência opaca.

Os grãos de milho-pipoca possuem o pericarpo mais espesso, com o endosperma predominantemente vítreo, porém os grãos possuem menor tamanho e formato mais arredondado. Já os grãos de milho-doce, quando secos, possuem aparência enrugada, isto porque os genes “sugary” ou “brittle” previnem a conversão dos açúcares em amido e o grão passa a acumular fitoglicogênio, um polissacarídeo solúvel (TOSELLO, 1987; HOSENEY, 1994; JOHNSON, 2000).

Geralmente, a classificação do milho quanto ao tipo dos grãos procede quando os grãos já estão secos e ainda aderidos ao sabugo, uma vez que, numa mesma espiga, pode haver grãos com aparência de dois tipos, devendo ser classificado com base na predominância.



Figura 2.3. Tipos de milho e as relativas proporções do endosperma farináceo e vítreo.

2.4 Importância nutricional do milho

O milho é considerado um alimento energético para as dietas humana e animal, devido à sua composição predominantemente de carboidratos (amido) e lipídeos (óleo). A proteína presente nesse cereal, embora em quantidade significativa, possui qualidade inferior a de outras fontes vegetais e animais, exceto a proteína do milho especial de alta qualidade protéica ou QPM (quality protein maize), resultado de melhoramento genético a partir do mutante opaco-2. Nesse material, as quantidades dos aminoácidos lisina e triptofano encontram-se aumentadas no grão, conferindo uma qualidade nutricional superior à proteína. Farinhas integrais dos milhos QPM e normal apresentam valor biológico de 82 e 65%, respectivamente, comparativamente à proteína do leite (caseína), quando avaliadas em estudos com ratos e outros animais monogástricos.

O óleo de milho possui uma composição de ácidos graxos que o define como de grande importância para a dieta humana, principalmente para a prevenção de doenças cardiovasculares e o combate ao colesterol sérico elevado. Outro importante aspecto

dos lipídeos no milho está relacionado ao conteúdo dos tocoferóis (vitamina E) e dos carotenóides. Os tocoferóis fazem parte da estrutura de hormônios e também atuam como potente antioxidantes, enquanto os carotenóides, principalmente zeaxantina e luteína, possuem ação anticâncer, devido à sua propriedade antioxidante. Zeaxantina e luteína fazem parte da região macular da retina dos olhos, sendo importantes na integridade da mácula, garantindo a manutenção da visão e a prevenção da degeneração macular, doença que aflige especialmente os idosos, e que leva à cegueira. Já os carotenos (alfa e beta) podem ser convertidos em retinol, uma substância pro-vitamina A, possuindo, portanto, importante valor para a nutrição humana. Essas substâncias são também importantes na coloração da carne de aves e gema dos ovos, propriedades de importância comercial na cadeia produtiva de aves.

Devido ao conteúdo lignocelulósico nos grãos do milho verde e nos derivados integrais do grão seco, esses produtos do milho são considerados importantes fontes de fibras, especialmente do tipo insolúveis (hemicelulose, celulose e lignina), que correspondem à fração fibra em detergente neutra nas avaliações para alimentação animal. Quando os grãos secos são processados, a exemplo da moagem seca, os produtos resultantes chegam a perder até 80% do conteúdo fibroso do grão, não sendo mais considerados boas fontes de fibra. Alimentos fibrosos têm sido recomendados na dieta humana para o controle de colesterol, melhora da constipação intestinal, prevenção do câncer de intestino e da diverticulite, possuindo, portanto, valor funcional importante.

Os minerais, que somam de 3 a 6%, estão concentrados no gérmen (78%), embora estejam também presentes na cama-

da de aleurona, a última camada do endosperma. O mineral encontrado em maior abundância no milho é o fósforo (0,3 ppm), presente na forma de fitatos de potássio e magnésio. Enxofre ocorre no grão em quantidades significantes, embora na forma orgânica, como parte dos aminoácidos sulfurados. Outros minerais estão também presentes no milho em quantidades menores, sendo os mais importantes: cloro, cálcio, sódio, iodo, ferro, zinco, manganês, cobre, selênio, crômio, cobalto e cádmio.

2.5 Usos do milho e sua importância tecnológica

Os derivados do milho são utilizados na composição de vários produtos, entre os quais destacam-se aqueles listados na Tabela 2.2.

O milho não possui apenas aplicação alimentícia: os usos dos seus derivados estendem-se às indústrias química, farmacêutica, de papéis, têxtil, entre outros de aplicação ainda mais nobres. Entretanto, são dois processos que dão origem aos produtos utilizados nos demais processos industriais, a moagem seca e a moagem úmida. No Brasil, a principal indústria moageira de milho é a do tipo “moagem seca”, enquanto, nos países mais desenvolvidos, a principal forma de processamento do milho é a “moagem úmida”.

A qualidade física e química dos grãos é, portanto, determinada pelo seu destino ou uso final. Existem, hoje, no mercado, milhos com alto teor de óleo (6 a 7,5%) e alto teor de proteína (> 12%), destinados à alimentação animal; alto teor de amilose (milho waxy), com propriedades importantes para a indústria alimentícia e de papel; alto teor de amilopectina (milho ceroso), para a indústria alimentícia e também de produção de adesivos; alto teor de ácido graxo oléico, para a produção de margarinas e tam-

bém óleos de fritura especiais; alto teor de aminoácidos (lisina e triptofano), com melhor qualidade protéica e milhos com amido de fácil extração, destinados à indústria de produção de álcool a partir de milho.

Novos conceitos de qualidade do milho têm surgido com as novas demandas e os resultados de pesquisas. Em um futuro próximo, o milho não será mais considerado uma commodity, dada à importância de seus usos e a existência de cultivares com propriedades distintas.

Tabela 2.2. Produtos derivados do milho ou que contêm seus componentes isolados ou transformados industrialmente.

Acetato de cálcio e magnésio	Grits
<i>Adesivos (colas, pastas, mucilagens, gomas, etc)</i>	Herbicida natural
<i>Álcoois etílico e butílico</i>	Inseticidas
<i>Alimentos para bebê</i>	logurtes
<i>Alimentos congelados</i>	Ketchup
<i>Alumínio</i>	Lápis de cor e de cera
<i>Amido e glucose (mais de 40 tipos)</i>	Licorice
<i>Antibióticos (penicilina)</i>	Maioneses
<i>Asbestos para materiais de condicionamento térmico</i>	Manteiga de amendoim
<i>Aspirina e outros medicamentos</i>	Manufatura de papéis
<i>Automóveis (volante, estofamento, cabeça do cilindro, pneus, acabamento de borrachas sintéticas)</i>	Margarinas
<i>Balas e confeitos</i>	Molhos para saladas
<i>Batata chips</i>	Mostarda preparada
<i>Baterias para veículos</i>	Óleo comestível
<i>Bebidas gasosas</i>	Pães e biscoitos
<i>Cafés e chás instantâneos</i>	Papéis de parede
<i>Carpets, tapetes.</i>	Papéis e papelões, (corrugados e laminados)
<i>Carreadores de cor em papéis, tecidos e tinta para impressão</i>	Pasta de dentes
<i>Cereais matinais</i>	Pigmentos
<i>Cerveja</i>	Plásticos degradáveis
<i>Chiclete de goma</i>	Polidor para sapatos
<i>Coberturas em madeira, papel e metal</i>	Pós para sobremesas
<i>Combustível (etanol)</i>	Produtos de chocolates
<i>Copos e pratos de papel</i>	Produtos farmacêuticos
<i>Cosméticos</i>	Produtos maltados
<i>Couro acabado</i>	Queijos ou requeijões cremosos
<i>Cremes de barbear</i>	Ração animal e alimentos para animais de estimação
<i>Dextrose (utilizada desde soluções intravenosas a coberturas para bolos)</i>	Refrigerantes
<i>Escurecedor de couro.</i>	Suplementos para alimentação animal (vitaminas e aminoácidos)
<i>Explosivos – fogos de artifício</i>	Salgadinhos tipo chips, tortillas e outros
<i>Farinhas ou fubás de milho</i>	Tacos e tortillas
<i>Fibra de vidro</i>	Tecidos e gomas
<i>Filmes fotográficos</i>	Tinta latex
<i>Fraldas descartáveis</i>	Tinta para máquinas de etiquetas de preço
<i>Frutose seca e xaropes (usados em refrigerantes, misturas alimentícias, etc)</i>	Vegetais enlatados
<i>Geléias e doces em conserva</i>	Whisky
<i>Giz para quadro negro</i>	Xaropes

2.6 Referências

ABIMILHO. **Brasil**: estimativa de consumo por segmento. [Apucarana], 2006. Disponível em: <http://www.abimilho.com.br/estatistica4.htm>. Acesso em: 26 abr. 2006.

MASSON, L. Relative nutritional value of various dietary fats and oils. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v. 58, n. 3, p. 249-255, 1981.

ENCYCLOPEDIA BRITANNICA ONLINE. **Corn**: layers and structures of corn kernel. Chicago, 2007. Disponível em: <http://www.britannica.com/eb/art-162?articleTypeld=1>. Acesso em: 14 abr. 2006.

FAOSTAT. **Agricultural data**. [Rome]: FAO, 2006. Disponível em: <http://faostat.fao.org/faostat/collections?version=ext&hasbulk=0&subset=agriculture>. Acesso em: 2 maio 2006.

HOSENEY, R. C. **Principles of cereal science and technology**. 2. ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1994. 378 p.

JOHNSON, L. A. Corn: the major cereal of the Americas. In: KULP, K.; PONTE, J. A. (Ed.). **Handbook of cereal science and technology**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 2000. p. 31-80.

LAWTON, J. W. Zein: a history of processing and use. **Cereal Chemistry**, St. Paul. v. 79, p. 1-18, 2002.

LEE D. S.; NOH B. S.; BAE S. Y.; KIM, K. Characterization of fatty acids composition in vegetable oils by gas chromatography and chemometrics. **Analytica Chimica Acta**, Amsterdam, v. 358, n. 2, p. 163-175, 1998.

PAES, M. C. D.; BICUDO, M. H. Nutritional perspectives of Quality Protein Maize. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON QUALITY PROTEIN MAIZE, 1994, Sete Lagoas. **Quality Protein Maize: 1964-1994: proceedings**. [West Lafayette]: Purdue University, 1997. p. 65-78. Editado por Brian A. Larkins, Edwin T. Mertz.

SHOTWELL, M. A.; LARKINS, B. A. The molecular biology and biochemistry of seed storage proteins. In: MARCUS, A. (Ed.). **The biochemistry of plants: a comprehensive treatise**. San Diego: Academic Press, 1989. p. 297-345.

TOSELLO, G. A. Milhos especiais e seu valor nutritivo, In: VIEGAS, G. P.; PATERNIANI, E. (Ed.). **Melhoramento e produção do milho**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.1, p. 375-409.

WATSON, S. A. Description, development, structure and composition of the corn kernel. In: WHITE, P. J.; JOHNSON, L. A. (Ed.). **Corn chemistry and technology**. 3. ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 2005. p. 69-106.

WEBER E. J. Variation in corn (*Zea mays* L.) for fatty acid compositions of triglycerides and phospholipids. **Biochemical Genetics**, New York, v. 21, p. 1-13, 1983.

YOUNG V. R.; PELLETT P. L. Plant proteins in relation to human protein and amino acid nutrition. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 59, p. 1203S-1212S, 1994. Supplement.

Capítulo 3

Fisiologia da Produção

Paulo César Magalhães
Frederico O. M. Durães

3.1 Introdução

A absorção, o transporte e a conseqüente transpiração de água pelas plantas são conseqüência da demanda evaporativa da atmosfera (evapotranspiração potencial), resistência estomática e difusão de vapor, água disponível no solo e densidade de raízes.

A planta absorve água do solo para atender às suas necessidades fisiológicas e, com isto, suprir a sua necessidade em nutrientes, que são transportados junto com a água, sob a forma de fluxo de massa. Do total de água absorvida pela planta, uma quantidade bem reduzida (cerca de 1%) é retida pela mesma. Embora se possa pensar que há desperdício, na verdade, isso não ocorre, pois é pelo processo da transpiração (perda de calor latente) que os vegetais controlam a sua temperatura.

As restrições causadas pela baixa disponibilidade de água do solo ou pela alta demanda evaporativa ativam certos mecanismos fisiológicos que permitem aos vegetais escapar ou tolerar essas limitações climáticas, modificando seu crescimento e desenvolvimento, e até mesmo atenuando as reduções na produção final.

Dentre os mecanismos que podem contribuir para a resistência à seca e que têm sido considerados em programas de melhoramento genético, apontam-se: a) sistema radicular extenso e/ou mais denso ou maior relação raiz/parte aérea; b) pequeno tamanho de células; c) cutícula foliar (com maior espessura e cerosidade); d) mudanças no ângulo foliar; e) comportamento e freqüência estomática; f) acúmulo de metabólito intermediário; g) ajuste osmótico; h) resistência à desidratação das células; i) outros.

O milho é cultivado em regiões cuja precipitação varia de 300 a 5.000 mm anuais, sendo que a quantidade de água consumida por uma lavoura de milho durante o seu ciclo está em torno de 600 mm. Dois dias de estresse hídrico no florescimento diminuem o rendimento em mais de 20%, quatro a oito dias diminuem em mais de 50%. O efeito da falta de água, associado à produção de grãos, é particularmente importante em três estádios de desenvolvimento da planta: a) iniciação floral e desenvolvimento da inflorescência, quando o número potencial de grãos é determinado; b) período de fertilização, quando o potencial de produção é fixado; nessa fase, a presença da água também é importante para evitar a desidratação do grão de pólen e garantir o desenvolvimento e a penetração do tubo polínico; c) enchimento de grãos, quando ocorre o aumento na deposição de matéria seca, o qual está intimamente relacionado à fotossíntese, desde que o estresse vai resultar na menor produção de carboidratos, o que implicaria menor volume de matéria seca nos grãos. Portanto, a importância da água está relacionada também com a fotossíntese, uma vez que o efeito do déficit hídrico sobre o crescimento das plantas implica menor disponibilidade de CO_2 para fotossíntese e limitação dos processos de alongação celular.

A falta de água é sempre acompanhada por interferência nos processos de síntese de RNA e proteína, caracterizada por um aumento aparente na quantidade de aminoácidos livres, como a prolina. A manutenção da pressão de turgescência celular, através do acúmulo de solutos (ajustamento osmótico), é um mecanismo de adaptação das plantas para seu crescimento ou sobrevivência em períodos de estresse de água. Apesar do alto requerimento de água pela planta de milho, ela é eficiente no seu uso para conversão de matéria seca.

Para um eficiente manejo de irrigação, de nutrientes e de outras práticas culturais, é de fundamental importância o conhecimento das diferentes fases de crescimento do milho, com suas diferentes demandas. Portanto, este capítulo enfatiza os diversos estádios de crescimento da planta de milho, desde a sua emergência até a maturidade fisiológica, em plantio de verão.

As considerações feitas neste tópico, com o genótipo de milho, referem-se a um material de ciclo normal, cuja floração acontece aos 65 dias após a emergência .

Todas as plantas de milho seguem um mesmo padrão de desenvolvimento, porém, o intervalo de tempo específico entre os estádios e o número total de folhas desenvolvidas podem variar entre híbridos, ano agrícola, data de plantio e local.

3.2 Identificação dos estádios de crescimento /desenvolvimento

O sistema de identificação empregado divide o desenvolvimento da planta em **vegetativo (V)** e **reprodutivo(R)**, conforme mostra a Tabela 3.1. Subdivisões dos estádios vegetativos são designados numericamente como V1, V2, V3 até V(n); em que (n) representa a última folha emitida antes do pendoamento (V_t). O primeiro e o último estádios V são representados, respectivamente, por (**VE, emergência**) e (**V_t , pendoamento**).

Durante a fase vegetativa, cada estádio é definido de acordo com a formação visível do colar na inserção da bainha da folha com o colmo. Assim, a primeira folha de cima para baixo, com o colar visível, é considerada completamente desenvolvida e, portanto, é contada como tal.

Tabela 3.1. Estádios vegetativos e reprodutivos da planta de milho.

Vegetativo	Reprodutivo
VE, emergência	R1, Embonecamento
V1, 1ª folha desenvolvida	R2, Bolha d'água
V2, 2ª folha desenvolvida	R3, Leitoso
V3, 3ª folha desenvolvida	R4, Pastoso
V4, 4ª folha desenvolvida	R5, Formação de dente
V(n), nª folha desenvolvida	R6, Maturidade Fisiológica
VT, pendoamento	

3.2.1 Germinação e emergência (estádio VE)

Em condições normais de campo, as sementes plantadas absorvem água, incham e começam a crescer. A radícula é a primeira a se alongar, seguida pelo coleóptilo, com plúmula incluída. O estágio VE é atingido pela rápida alongação do mesocótilo, o qual empurra o coleóptilo em crescimento para a superfície do solo. Em condições de temperatura e umidade adequadas, a planta emerge dentro de quatro a cinco dias, porém, em condições de baixa temperatura e pouca umidade, a germinação pode demorar até duas semanas ou mais. Assim que a emergência ocorre e a planta expõe a extremidade do coleóptilo, o mesocótilo pára de crescer.

O sistema radicular seminal, que são as raízes oriundas diretamente da semente, tem o seu crescimento nessa fase e a profundidade onde elas se encontram depende da profundidade do plantio. O crescimento dessas raízes, também conhecido como sistema radicular temporário, diminui após o estágio VE e praticamente não existe no estágio V3.

O ponto de crescimento da planta de milho, nesse estágio, está localizado cerca de 2,5 a 4,0 cm abaixo da superfície do solo e se encontra logo acima do mesocótilo. Essa profundidade onde se acha o ponto de crescimento é também a profundidade onde se vai originar o sistema radicular definitivo do milho, conhecido como raízes nodais ou fasciculada. A profundidade do sistema radicular definitivo independe da profundidade de plantio, uma vez que a emergência da planta vai depender do potencial máximo de alongamento de mesocótilo, conforme pode ser visto na Figura 3.1.

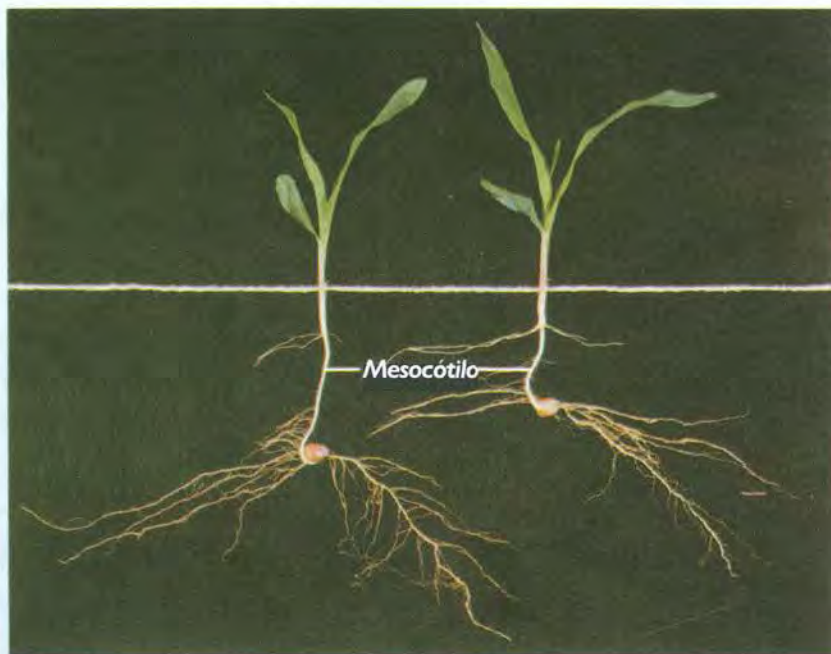


Figura 3.1. Duas profundidades de plantio, mostrando detalhe do alongamento do mesocótilo.

O sistema radicular nodal se inicia, portanto, no estágio VE e o alongamento das primeiras raízes se inicia no estágio VI, indo até o R3, após o qual muito pouco crescimento ocorre.

No milho, não é constatada a presença de fatores inibitórios ao processo de germinação, visto que, sob condições ótimas de umidade, os grãos podem germinar imediatamente após a maturidade fisiológica, mesmo ainda estando presos à espiga.

Em síntese, na germinação, ocorre a embebição da semente, com a conseqüente digestão das substâncias de reserva, síntese de enzimas e divisão celular.

Baixa temperatura no plantio geralmente restringe absorção de nutrientes do solo e causa lentidão no crescimento. Esse fato pode ser parcialmente superado por uma aplicação de pequena quantidade de fertilizante no sulco de plantio, ao lado ou abaixo da semente.

A lentidão na germinação predispõe a semente e a plântula a uma menor resistência a condições ambientais adversas, bem como ao ataque de patógenos, principalmente fungos do gênero *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Phyitium* e *Macrophomina*. Para uma germinação e emergência mais rápidas, em plantio mais cedo, deve-se optar por uma profundidade de plantio mais rasa, onde a temperatura do solo é mais favorável. Em plantios tardios, as temperaturas do solo são geralmente adequadas em qualquer profundidade e a umidade do solo, nesse caso, é o fator limitante para rápido crescimento.

Se a irrigação está disponível ou uma chuva recente aconteceu, não há com que se preocupar. No entanto, na falta dessas situações, as camadas mais profundas do solo possuem maior teor de umidade, nos plantios tardios.

3.2.2 Estádio V3 (três folhas desenvolvidas)

O estágio de três folhas completamente desenvolvidas ocorre aproximadamente duas semanas após o plantio. Neste estágio, o ponto de crescimento ainda se encontra abaixo da superfície do solo e a planta possui ainda pouco caule formado (Figura 3.2).



Figura 3.2. Estádio de três folhas completamente desenvolvidas.



Figura 3.3. Planta no estágio V3, mostrando o ponto de crescimento abaixo da superfície do solo.

Pêlos radiculares do sistema radicular nodal estão agora em crescimento e o desenvolvimento das raízes seminais é paralisado.

Todas as folhas e espigas que a planta eventualmente irá produzir estão sendo formadas no V3. Pode-se dizer, portanto, que o estabelecimento do número máximo de grãos, ou a produção potencial, está sendo definido nesse estágio. No estágio V5 (cinco folhas completamente desenvolvidas), tanto a iniciação das folhas como das espigas vai estar completa e a iniciação do pendão já pode ser vista microscopicamente, na extremidade de formação do caule, logo abaixo da superfície do solo.

O ponto de crescimento, que se encontra abaixo da superfície do solo, é bastante afetado pela temperatura do solo nesses estádios iniciais do crescimento vegetativo. Assim, temperaturas baixas podem aumentar o tempo decorrente entre um estágio e outro, alongando, assim, o ciclo da cultura, podendo aumentar o número total de folhas, atrasar a formação do pendão e diminuir a disponibilidade de nutrientes para a planta. Uma chuva de granizo ou vento, nesse estágio, vai ter muito pouco ou nenhum efeito na produção final de grãos, uma vez que o ponto de crescimento estará protegido no solo. Disponibilidade de água nesse estágio é fundamental; por outro lado, o excesso de umidade ou encharcamento, quando o ponto de crescimento ainda se encontra abaixo da superfície do solo, pode matar a planta em poucos dias.

Controle de plantas daninhas nessa fase é fundamental para reduzir a competição por luz, água e nutrientes. Como o sistema radicular está em pleno desenvolvimento, mostrando considerável porcentagem de pêlos absorventes e ramificações diferencia-

das, operações inadequadas de cultivo (profundas ou próximas à planta) poderão afetar a densidade e a distribuição de raízes, com conseqüente redução na produtividade. Portanto, é recomendada cautela no cultivo.

3.2.3 Estádio V6 (seis folhas desenvolvidas Figura 3.4)

Nesse estágio, o ponto de crescimento e o pendão estão acima do nível do solo (Figura 3.5), o colmo está iniciando um período de alongação acelerada. O sistema radicular nodal (fasciculado) está em pleno funcionamento e em crescimento.



Figura 3.4. Estádio de seis folhas completamente desenvolvidas.



Figura 3.5. Planta no estágio V6, mostrando o ponto de crescimento acima da superfície do solo.

Nesse estágio, pode ocorrer o aparecimento de eventuais perfilhos, os quais se encontram diretamente ligados à base genética da cultivar, ao estado nutricional da planta, ao espaçamento adotado, ao ataque de pragas e às alterações bruscas de temperatura (baixa ou alta). No entanto, existem poucas evidências experimentais que demonstram a sua influência negativa na produção.

No estágio V8, inicia-se a queda das primeiras folhas e o número de fileiras de grãos é definido. Durante esse estágio, constata-se a máxima tolerância ao excesso de chuvas. No entanto, encharcamento por períodos de tempo maior que cinco dias poderá acarretar prejuízos consideráveis e irreversíveis.

Estresse hídrico nessa fase pode afetar o comprimento de internódios, provavelmente pela inibição da alongação das células em desenvolvimento, concorrendo, desse modo, para a diminuição da capacidade de armazenagem de açúcares no colmo. O déficit de água também vai resultar em colmos mais finos, plantas de menor porte e menor área foliar.

Evidências experimentais demonstram que a distribuição total das folhas expostas nesse período, mediante ocorrência de granizo, geada, ataque severo de pragas e doenças, além de outros agentes, acarretará quedas na produção da ordem de 10 a 25%.

Períodos secos, aliados à conformação da planta, característica dessa fase (conhecida como fase do "cartucho"), conferem à cultura do milho elevada suscetibilidade ao ataque da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), exigindo constante vigilância. De V6 até o estágio V8, deverá ser aplicada a adubação nitrogenada em cobertura.

3.2.4 Estádio V9

Nesse estágio, muitas espigas são facilmente visíveis, se for feita uma dissecação da planta (Figura 3.6). Todo nó da planta tem potencial para produzir uma espiga, exceto os últimos seis a oito nós abaixo do pendão. Assim, uma planta de milho teria potencial para produzir várias espigas, porém, apenas uma ou duas (caráter prolífico) conseguem completar o crescimento.



Figura 3.6. Estádio V9, mostrando detalhes de várias espigas potenciais.

Nesse estágio, ocorre alta taxa de desenvolvimento de órgãos florais. O pendão inicia um rápido desenvolvimento e o caule continua alongando. A elongação do caule ocorre através dos entrenós. Após o estágio V10, o tempo de aparição entre um estágio foliar e outro vai encurtar, geralmente ocorrendo a cada dois ou três dias.

Próximo ao estágio V10, a planta de milho inicia um rápido e contínuo crescimento, com acumulação de nutrientes e peso seco, os quais continuarão até os estádios reprodutivos. Há uma grande demanda no suprimento de água e nutrientes para satisfazer as necessidades da planta.

3.2.5 - Estádio VI2

O número de óvulos (grãos em potencial) em cada espiga, assim como o tamanho da espiga, são definidos em VI2, quando ocorre perda de duas a quatro folhas basais. Pode-se considerar que, nessa fase, inicia-se o período mais crítico para a produção, o qual estende-se até a polinização.

O número de fileiras de grãos na espiga já foi estabelecido; no entanto, o número de grãos/fileira só será definido cerca de uma semana antes do florescimento, em torno do estágio VI7.

Em VI2, a planta atinge cerca de 85% a 90% da área foliar e observa-se o início do desenvolvimento das raízes adventícias (“esporões”).

Devido ao número de óvulos e tamanho da espiga serem definidos nessa fase, a deficiência de umidade ou nutrientes pode reduzir seriamente o número potencial de sementes, assim como o tamanho das espigas a serem colhidas. O potencial desses dois fatores de produção está também relacionado com o período de tempo disponível para o estabelecimento deles, o qual corresponde ao período de VI0 a VI7. Assim, genótipos precoces, geralmente, nesses estádios, possuem um período mais curto de tempo e usualmente têm espigas menores que os genótipos tardios. Uma maneira de compensar essa desvantagem dos precoces seria aumentar a densidade de plantio.

3.2.6 Estádio VI5

Esse estágio representa a continuação do período mais importante e crucial para o desenvolvimento da planta, em termos de fixação do rendimento. Desse ponto em diante, um novo

estádio foliar ocorre a cada um ou dois dias. Estilos-estigmas iniciam o crescimento nas espigas.

Em torno do estágio V17, as espigas atingem um crescimento tal que suas extremidades já são visíveis no caule, assim como a extremidade do pendão já pode também ser observada.

Caso ocorra estresse de água no período de duas semanas antes até duas semanas após o florescimento, haverá grande redução na produção de grãos. Porém, a maior redução na produção poderá ocorrer com déficit hídrico na emissão dos estilos-estigmas (início de RI). Isso é verdadeiro também para outros tipos de estresse, como deficiência de nutrientes, alta temperatura ou granizo. O período de quatro semanas em torno do florescimento é o mais importante para irrigação.

3.2.7 Estádio V18

É possível observar que os “cabelos” ou estilos-estigmas dos óvulos basais alongam-se primeiro em relação aos “cabelos” dos óvulos da extremidade da espiga. Raízes aéreas, oriundas dos nós acima do solo, estão em crescimento nesse estágio. Essas raízes contribuem na absorção de água e nutrientes.

Em V18, a planta do milho encontra-se a uma semana do florescimento e o desenvolvimento da espiga continua em ritmo acelerado.

Estresse hídrico nesse período pode afetar mais o desenvolvimento do óvulo e da espiga que o desenvolvimento do pendão. Com esse atraso no desenvolvimento da espiga, pode haver problemas na sincronia entre emissão de pólen e recepção pela espiga. Caso o estresse seja severo, ele pode atrasar a emis-

são do “cabelo” até a liberação do pólen terminar, ou seja, os óvulos que porventura emitirem o “cabelo” após a emissão do pólen não serão fertilizados e, por conseguinte, não contribuirão para o rendimento.

Híbridos não prolíficos (produzem apenas uma espiga) produzirão cada vez menos grãos com o aumento da exposição ao estresse, porém, tendem a render mais que os prolíficos em condições não estressantes. Os prolíficos (produzem duas ou três espigas), por sua vez, tendem a apresentar rendimentos mais estáveis em condições variáveis de estresse, uma vez que o desenvolvimento da espiga é menos inibido pelo estresse.

3.2.8 Pendoamento, VT

Esse estágio inicia-se quando o último ramo do pendão está completamente visível e os “cabelos” não emergiram. A emissão da inflorescência masculina antecede de dois a quatro dias a exposição dos estilos-estigmas; no entanto, 75% das espigas devem apresentar seus estilos-estígmias expostos, após o período de 10-12 dias posterior ao aparecimento do pendão. O tempo decorrente entre VT e RI pode variar consideravelmente, dependendo do híbrido e das condições ambientais. A perda de sincronismo entre a emissão dos grãos de pólen e a receptividade dos estilos-estigmas da espiga concorre para o aumento da porcentagem de espigas sem grãos nas extremidades. Em condições de campo, a liberação do pólen geralmente ocorre nos finais das manhãs e início das noites. Nesse estágio, a planta atinge o máximo desenvolvimento e crescimento. Estresse hídrico e temperaturas elevadas (acima de 35° C) podem reduzir drasticamente a produção. Um pendão de tamanho médio chega a ter 2,5 milhões de grãos de pólen, o que equivale dizer que a espiga em condi-

ções normais dificilmente deixará de ser polinizada pela falta de pólen, uma vez que o número de óvulos está em torno de 750 a 1000.

A planta apresenta alta sensibilidade ao encharcamento nessa fase, o excesso de água pode contribuir, inclusive, com a inviabilidade dos grãos de pólen.

A falta de água nesse período, além de afetar o sincronismo pendão-espiga, pode reduzir a chance de aparecimento de uma segunda espiga, em materiais prolíficos.

Nos estádios de VT a RI, a planta de milho é mais vulnerável às intempéries da natureza que qualquer outro período, devido ao pendão e todas as folhas estarem completamente expostos. Remoção de folha nesse estágio certamente resultará em perdas na colheita.

O período de liberação do pólen se estende por uma a duas semanas. Durante esse tempo, cada “cabelo” individual deve emergir e ser polinado para resultar num grão.

3.3 Estádios reprodutivos e desenvolvimento do grão

3.3.1 Estádio RI, embonecamento e polinização

Esse estágio é iniciado quando os estilos-estigmas estão visíveis, para fora das espigas. A polinização ocorre quando o grão de pólen liberado é capturado por um dos estilos-estigmas.

O grão de pólen, uma vez em contato com o “cabelo”, demora cerca de 24 horas para percorrer o tubo polínico e fertilizar o óvulo; geralmente, o período requerido para todos os estilos-estigmas em uma espiga serem polinizados é de dois a três

dias. Os “cabelos” da espiga crescem cerca de 2,5 a 4,0 cm por dia e continuam a se alongar até serem fertilizados.

O número de óvulos que será fertilizado é determinado nesse estágio. Óvulos não fertilizados evidentemente não produzirão grãos.

Estresse ambiental nessa fase, especialmente o hídrico, causa baixa polinização e baixa granação da espiga, uma vez que, sob seca, tanto os “cabelos” como os grãos de pólen tendem à dissecação. Não se deve descuidar de insetos como a lagarta-da-espiga, que se alimentam dos “cabelos”. Deve-se combater essas pragas, caso haja necessidade. A absorção de potássio, nessa fase, está completa, enquanto nitrogênio e fósforo continuam sendo absorvidos.

A liberação do grão de pólen pode-se iniciar ao amanhecer, estendendo-se até o meio-dia; no entanto, esse processo raramente exige mais de quatro horas para sua complementação. Ainda sob condições favoráveis, o grão de pólen pode permanecer viável por até 24 horas. Sua viabilidade, entretanto, pode ser reduzida quando submetido a baixa umidade e altas temperaturas.

O estabelecimento do contato direto entre o grão de pólen e os pêlos viscosos do estigma estimula a germinação do primeiro, dando origem a uma estrutura denominada de tubo polínico, que é responsável pela fecundação do óvulo inserido na espiga. A fertilização ocorre de 12 a 36 horas após a polinização, período esse variável em função de alguns fatores envolvidos no processo, tais como teor de água, temperatura, ponto de contato e comprimento do estilo–estigma.

Assim, o número de óvulos fertilizados apresenta estreita correlação com o estado nutricional da planta, com a temperatura, bem como com a condição de umidade contida no solo e no ar.

Evidencia-se, portanto, a decisiva influência do ambiente nessa etapa de desenvolvimento, recomendando-se criterioso planejamento da cultura, com referência principal à época de semeadura e à escolha da cultivar, de forma a garantir as condições climáticas favoráveis exigidas pela planta nesse estágio.

A escolha do genótipo para uma determinada região, assim como a época de semeadura, deve ser fundamentada em fatores como finalidade da produção, disponibilidade de calor e água, ocorrência de veranicos durante o ciclo, bem como no nível tecnológico a ser adotado, entre outros.

3.3.2 Estádio R2, grão bolha d'água

Os grãos, aqui, se apresentam brancos na aparência externa e com aspectos de uma bolha d'água. O endosperma, portanto, está com uma coloração clara, assim como o seu conteúdo, que é basicamente um fluido, cuja composição são açúcares. Embora o embrião esteja ainda se desenvolvendo, vagarosamente nesse estágio, a radícula, o coleóptilo e a primeira folha embrionária já estão formados. Assim, dentro do embrião em desenvolvimento, já se encontra uma planta de milho em miniatura. A espiga está próxima de atingir seu tamanho máximo.

Os estilos-estigmas, tendo completado sua função no florescimento, estão agora escurecidos e começando a secar.

A acumulação de amido está se iniciando, passando pela fase anterior à sua formação, que é a de açúcares, fluido claro presente nos grãos. Esses grãos estão iniciando um período de rápida acumulação de matéria seca; esse rápido desenvolvimento continuará até próximo ao estágio R6. N e P continuam sendo absorvidos e a realocação desses nutrientes das partes vegetativas para a espiga tem início nesse estágio. A umidade de 85% nos grãos, nessa fase, começa a diminuir gradualmente até a colheita.

3.3.3 Estádio R3, grão leitoso (Fig. 3.7)



Figura 3.7. Estádio R3 ou grão leitoso, com umidade em torno de 80%.

Essa fase é iniciada normalmente 12 a 15 dias após a polinização. O grão se apresenta com uma aparência amarela e, no seu interior, um fluido de cor leitosa, o qual representa o início da transformação dos açúcares em amido, contribuindo, assim, para o incremento de matéria seca. Tal incremento ocorre devido à translocação dos fotoassimilados presentes nas folhas e no colmo para a espiga e grãos em formação. A eficiência dessa translocação, além de ser importante para a produção, é extre-

mamente dependente de água. Embora, nesse estágio, o crescimento do embrião ainda seja considerado lento, ele já pode ser visto, caso haja uma dissecação. Esse estágio é conhecido como aquele em que ocorre a definição da densidade dos grãos.

Os grãos, nessa fase, apresentam rápida acumulação de matéria seca e com cerca de 80% de umidade, sendo que as divisões celulares dentro do endosperma apresentam-se essencialmente completas. O crescimento, a partir daí, é devido à expansão e ao enchimento das células do endosperma com amido.

O rendimento final depende do número de grãos em desenvolvimento e do tamanho final que eles alcançarão. Um estresse hídrico nessa fase, embora menos crítico que na fase anterior, pode afetar a produção. Com o processo de maturação dos grãos, o potencial de redução na produção final de grãos, devido ao estresse hídrico, vai diminuindo. Embora, nesse período, a planta deva apresentar considerável teor de sólidos solúveis prontamente disponíveis, objetivando a evolução do processo de formação de grãos, a fotossíntese mostra-se imprescindível. Em termos gerais, considera-se como importante caráter condicionador de produção a extensão da área foliar que permanece fisiologicamente ativa após a emergência da espiga. Períodos nublados (ou de reduzida intensidade luminosa) acarretarão, nessa fase, a redução da fotossíntese, aumento do nível de estresse da planta, implicando a redução da taxa de acúmulo de matéria seca do grão, e, conseqüentemente, redução também na produção final de grãos, além de favorecer a incidência de doenças do colmo.

Para lavouras destinadas à produção de sementes, esse período assume particular importância, pois tem início o desencadeamento dos processos de diferenciação do coleóptilo,

da radícula e das folhas rudimentares. Ainda nesse estágio, evidencia-se a translocação efetiva de N e P para os grãos em formação.

3.3.4 Estádio R4, grão pastoso

Esse estágio é alcançado com cerca de 20 a 25 dias após a emissão dos estilos-estigmas, os grãos continuam se desenvolvendo rapidamente, acumulando amido. O fluido interno dos grãos passa de um estado leitoso para uma consistência pastosa (Figura 3.8) e as estruturas embriônicas de dentro dos grãos encontram-se já totalmente diferenciadas. A deposição de amido é bastante acentuada, caracterizando, dessa feita, um período exclusivamente destinado ao ganho de peso por parte do grão. Em condições de campo, tal etapa do desenvolvimento é prontamente reconhecida, pois, quando os grãos presentes são submetidos à pressão imposta pelos dedos, mostram-se relativamente consistentes, embora ainda possam apresentar pequena quantidade de sólidos solúveis, cuja presença em abundância caracteriza o estágio R3 (grão leitoso).



Figura 3.8. Grãos no estágio R4, pastoso.

Os grãos se encontram com cerca de 70% de umidade em R4 e com cerca da metade do peso que eles atingirão na maturidade. A ocorrência de adversidades climáticas, sobretudo fal-

ta de água, resultará numa maior percentagem de grãos leves e pequenos, o que comprometeria definitivamente a produção.

3.3.5 Estádio R5 (formação de dente)

Esse período é caracterizado pelo aparecimento de uma concavidade na parte superior do grão, comumente designada de “dente”, coincide normalmente com o 36º dia após o princípio da polinização.

Nessa etapa, os grãos se encontram em fase de transição do estado pastoso para o farináceo. A divisão desses estádios é feita pela chamada linha divisória do amido ou linha do leite. Essa linha aparece nos estádios iniciais do grão e, com a maturação, vem avançando em direção à base do grão. Devido à acumulação do amido, acima da linha é duro e abaixo é macio (Figura 3.9). Nesse estágio, o embrião continua se desenvolvendo, sendo que, além do acentuado acréscimo de volume experimentado pelo endosperma, mediante o aumento do tamanho das células, observa-se também a completa diferenciação da radícula e das folhas embrionárias no interior dos grãos.



Figura 3.9. Detalhe do desenvolvimento da linha de leite.

Alguns genótipos do tipo “duro” não formam dente, daí esse estágio, nos referidos materiais, ser mais difícil de se notar, podendo ser apenas relacionado ao aumento gradativo da dureza dos grãos.

Estresse ambiental nessa fase pode antecipar o aparecimento da formação da camada preta, indicadora da maturidade fisiológica. A redução na produção, nesse caso, seria relacionada ao peso dos grãos e não ao número de grãos. Os grãos, nesse estágio, apresentam-se com cerca de 55% de umidade.

Materiais destinados a silagem devem ser colhidos nesse estágio, com 33 a 37% de matéria seca. O milho colhido nessa fase apresenta as seguintes vantagens: significativo aumento na produção de matéria seca por área; decréscimo nas perdas de armazenamento, pela diminuição do efluente e aumento significativo no consumo voluntário da silagem produzida.

3.3.6 Estádio R6 (maturidade fisiológica)

Esse é o estágio em que todos os grãos na espiga alcançam o máximo de acumulação de peso seco e vigor, ocorre cerca de 50 a 60 dias após a polinização. A linha do amido já avançou até a espiga e a camada preta já foi formada. Essa camada preta ocorre progressivamente da ponta da espiga para a base (Figura 3.10). Nesse estágio, além da paralisação total do acúmulo de matéria seca nos grãos, acontece também o início do processo de senescência natural das folhas das plantas, as quais, gradativamente, começam a perder a sua coloração verde característica.

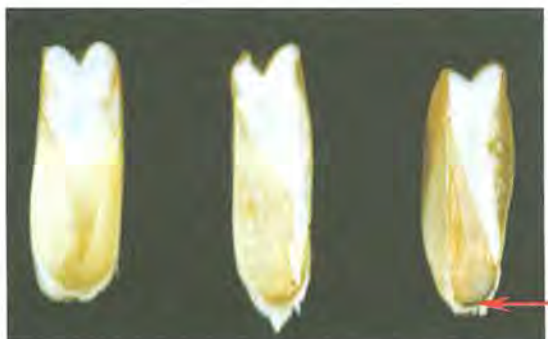


Figura 3.10. Detalhe do desenvolvimento da camada preta (ponto da maturidade fisiológica),

O ponto de maturidade fisiológica caracteriza o momento ideal para a colheita, ou ponto de máxima produção, com 30 a 38% de umidade, podendo variar entre híbridos. No entanto, o grão não está ainda em condições de ser colhido e armazenado com segurança, uma vez que deveria estar com 13 a 15% de umidade, para evitar problemas com a armazenagem. Com cerca de 18 a 25% de umidade, a colheita já pode acontecer, desde que o produto colhido seja submetido a uma secagem artificial antes de ser armazenado.

A qualidade dos grãos produzidos pode ser avaliada pela percentagem de grãos ardidos, que interfere notadamente na destinação do milho em qualquer segmento da cadeia de consumo. A ocorrência de grãos ardidos está diretamente relacionada ao híbrido de milho e ao nível de empalhamento a que estão submetidas as suas espigas. De forma indireta, a presença de pragas, adubações desequilibradas e período chuvoso no final do ciclo, atraso na colheita e incidência de algumas doenças, podem influir também no incremento do número de grãos ardidos.

A partir do momento da formação da camada preta, que nada mais é do que a obstrução dos vasos, rompe-se o elo entre a planta-mãe e o fruto, passando o mesmo a apresentar vida independente.

3.4 Referências

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Coord.). **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. p. 21-54.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F.O.M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 2002. 23 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 22).

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1989. 21 p. (Iowa Cooperative Extension Service. Special Report n. 48).

Capítulo 4

Zoneamento Agrícola – Riscos climáticos para a cultura do milho

Luiz Marcelo Aguiar Sans

Daniel Pereira Guimarães

O zoneamento agrícola é um importante instrumento de política agrícola do Governo Federal. Isso se deve ao fato de o zoneamento de riscos climáticos ser atualmente um norteador da aplicação de crédito e da seguridade rural. Até a implantação do projeto de Redução de Riscos Climáticos, pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, a seguridade agrícola, no Brasil, defrontava-se com dois fatores limitantes: a falta de uma metodologia atuária adequada e as altas taxas de sinistralidade. As perdas agrícolas da cultura do milho eram muito grandes, chegando a apresentar valores de 21% nas regiões onde a tecnologia era mais desenvolvida e 70% nas regiões onde praticamente não se aplica tecnologia. Com esses níveis de perdas, a atividade agrícola básica tendia a tornar-se cada vez mais inviável, impossibilitando que os produtores rurais continuassem arcando com os elevados custos do seguro agrícola. Com o zoneamento de riscos climáticos, a seguridade agrícola tomou novos rumos. Passou de um simples pagador de seguros a um indutor de tecnologia. Além disso, permitiu, também, a definitiva implantação de uma metodologia atuária adequada. Como resultados imediatos do zoneamento, citam-se os seguintes: a) redução de solicitações de cobertura de seguro por motivos climáticos sinistrantes; b) redução de solicitações fraudulentas; c) geração de informações para gestão do Proagro; d) diminuição dos aportes de recursos do Tesouro Nacional da ordem de 150 milhões de reais por ano, decorrente da melhor correlação entre os recursos arrecadados e despendidos pelo programa; e) aumento de produtividade das lavouras zoneadas. Adicionalmente, o zoneamento proporcionou a recuperação e a transformação do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária como o verdadeiro instrumento de política agrícola.

O plantio de milho na época adequada, embora não tenha nenhum efeito no custo de produção, seguramente afeta o rendimento e, conseqüentemente o lucro do agricultor. Para a tomada de decisão quanto à época de plantio, é importante conhecer os fatores de riscos, que tendem a ser minimizados quanto mais eficiente for o planejamento das atividades relacionadas à produção. O agricultor tem que estar consciente de que a chance de seu sucesso deve-se a seu planejamento, e que este depende de vários elementos, dentre eles os riscos climáticos a que está sujeito.

A produtividade do milho é função de vários fatores integrados, sendo os mais importantes a interceptação de radiação pelo dossel, eficiência metabólica, eficiência de translocação de fotossintatos para os grãos e a capacidade de dreno. As relações de fonte e dreno são funções de condições ambientais e as plantas procuram se adaptar a essas condições. As respostas diferenciadas dos genótipos à variabilidade ambiental, ou seja, à interação genótipo e ambiente, significam que os efeitos genotípicos e ambientais não são independentes. Daí a importância de conhecer a época de plantio, analisando todo o ciclo da cultura, procurando prever as condições ambientais em todas as suas fases fenológicas. A grande dificuldade que se encontra é com respeito às variações ambientais não previsíveis. Essas variações imprevisíveis correspondem aos fatores ambientais altamente variáveis, não só espacialmente, mas também de forma temporal (precipitação, temperatura, vento etc.). Sabe-se que a interação genótipo e ambiente está associada a fatores simples e complexos. Os simples são proporcionados pela diferença de variabilidade entre genótipos nos ambientes e os complexos, pela falta de correlação entre os desempenhos do genótipo nos ambientes. Como se pode observar, é uma tarefa difícil estabelecer a época de plantio para uma dada região sem um conhecimento prévio

das cultivares a serem plantadas e das condições ambientais onde se pretende desenvolvê-las. Portanto, a época de semeadura refere-se ao período em que a cultura tem maior probabilidade de desenvolver-se em condições edafoclimáticas favoráveis.

No Brasil Central, mais especificamente na região dos Cerrados, embora o cultivo do milho seja feito em diversas condições climáticas, considerando a variabilidade temporal e espacial do clima, pode-se observar que, durante todo o ciclo da cultura, a temperatura é superior a 15°C e não ocorrem geadas. A temperatura noturna, em alguns locais, é elevada (maior que 24°C), o que afeta o desempenho das plantas, principalmente no período coincidente com aquele entre emborrachamento e grão leitoso, reduzindo a produtividade.

De forma geral, pode-se dizer que, nessa região, a melhor época de semeadura é entre setembro e novembro, dependendo do início das chuvas.

A produtividade, geralmente, é mais alta quando as condições do tempo permitem o plantio em outubro. Depois disso, há uma redução no ciclo da cultura e queda no rendimento por área. Trabalhos de pesquisa no Brasil Central mostram que, dependendo da cultivar, atraso do plantio a partir da época mais adequada (geralmente em outubro) pode resultar em redução no rendimento em até 30 kg de milho por hectare por dia. Obviamente, muitas vezes esse atraso não depende do produtor, por razões diversas. Cabe a ele elaborar seu planejamento de plantio de forma a não atrasá-lo por negligência ou por desconhecimento, pois, assim, estará perdendo dinheiro e comprometendo seu negócio.

Excetuando-se as elevadas altitudes, onde o que determina a época de plantio é a temperatura, no Brasil Central, o que

define a época de plantio é a distribuição das chuvas. O uso consuntivo de água para o milho, durante seu ciclo, varia de 500 a 800 mm, dependendo das condições climáticas dominantes. A água é absorvida diferencialmente com o estágio de crescimento e desenvolvimento da cultura. Vale a pena ressaltar que o déficit hídrico tem influência direta na taxa fotossintética, que está associada diretamente à produção de grãos, e sua importância varia com o estágio fenológico em que se encontra a planta. Pesquisas mostram que dois dias de estresse hídrico podem reduzir até 20% de produtividade e que estresse hídrico de quatro a oito dias diminui a produção em mais de 50%. Considera-se, ainda, que o período que vai da iniciação floral até o desenvolvimento da inflorescência e o período do pendoamento até a maturação são as fases críticas do déficit hídrico. Em resumo, a época de semeadura é determinada em função das condições ambientais (temperatura, distribuição das chuvas e disponibilidade de água do solo) e da cultivar (ciclo, fases da cultura e necessidades térmicas das cultivares). Ainda com respeito ao clima, deve-se levar em consideração a radiação solar e a intensidade e frequência do veranico nas diferentes fases fenológicas da cultura.

Objetivando estabelecer a época de plantio de milho de sequeiro para as diferentes regiões, foi desenvolvido um estudo para recomendação das épocas de plantio em função dos períodos críticos da cultura a estresse hídrico. Nesse trabalho, além de ser considerado o fator climático precipitação (intensidade e distribuição) e os elementos temperatura, vento, umidade relativa e radiação na estimativa da demanda de água pela planta, levaram-se também em consideração aspectos fisiológicos da planta e características físico-hídricas dos solos. As épocas de plantio de menor risco para a cultura do milho, nas diferentes regiões do Brasil, podem ser vistas nos sites: (<http://www.cnpms.embrapa.br>)

campanha do milho/época de plantio do milho e (<http://www.agricultura.gov.br>) serviços/zonamento agrícola. Nesses sites, as informações estão apresentadas em tabelas onde estão descritos os municípios e as épocas de menor risco para o plantio do milho. Nessas tabelas, as épocas de plantio de menores riscos estão apresentadas por classes de solos. Portanto, é necessário identificar, em primeiro lugar, a(s) classe(s) de solo(s), verificando sua equivalência quanto a sua capacidade de disponibilidade de água.

O milho safrinha, que é plantado além dos limites dos Cerrados, não tem um período pré-fixado para seu plantio, como o milho de safra normal, que é plantado no início das chuvas. É uma cultura desenvolvida de janeiro a abril, normalmente após a soja precoce e, em alguns locais, após o milho de verão e o feijão das águas.

Por ser plantado no final da época recomendada, o milho safrinha tem sua produtividade bastante afetada pelo regime de chuvas e por fortes limitações de radiação solar e temperatura na fase final de seu ciclo. Além disso, como o milho safrinha é plantado após uma cultura de verão, a sua data de plantio depende da época do plantio dessa cultura antecessora e de seu ciclo. Assim, o planejamento do milho safrinha começa com a cultura de verão, visando liberar a área o mais cedo possível. Quanto mais tarde for o plantio, menor será o potencial e maior o risco de perdas por adversidades climáticas (seca e/ou geadas).

Isso a torna uma cultura de alto risco, uma vez que a estação chuvosa encontra-se no fim, o que proporciona uma variabilidade espacial e temporal muito grande e, como consequência, uma variabilidade de produção. Na safrinha, além do potencial de

produção ser reduzido, há alto risco de frustração de safras, baixo investimento na cultura e, conseqüentemente, baixa produtividade.

Considerando a inviabilidade de antever a interação genótipo e ambiente e suas variações de combinações, as épocas-limites preferencialmente recomendadas para a semeadura, de acordo com vários trabalhos de pesquisa, encontram-se na Tabela 4.1. Em Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais, norte de São Paulo e Mato Grosso do Sul, o principal fator de risco é o déficit hídrico, sendo atenuado nas áreas de maior altitude, em razão de as temperaturas amenas proporcionarem menor evapotranspiração.

No Paraná, sul de Mato Grosso do Sul e sudoeste de São Paulo (Vale do Paranapanema), existe elevado risco de geada, principalmente nas áreas acima de 600 m de altitude. Assim, ao contrário do que é preconizado para o milho de verão, as baixas altitudes são favoráveis ao cultivo da safrinha nas regiões mais ao sul do País. No Paraná, as geadas ocorrem com maior freqüência nos meses de junho e julho, com destaque para julho, em Guarapuava, Cascavel e Londrina, e junho, em Ponta Grossa, Pinhais e Cambará. Em São Paulo, ocorre com maior freqüência nos meses de junho a agosto, com probabilidades semelhantes entre os meses de junho e julho e ligeiramente superiores em agosto, para todas as localidades estudadas.

Tabela 4.1. Limite das épocas de semeadura para a cultura do milho safrinha, por estado e região produtora.

Estado	Época Limite	Altitude ⁽¹⁾	Região (cidades referência)
Mato Grosso	15 de março	Alta	Centro-Norte (Sapezal, Lucas do Rio Verde).
Goiás	15 de fevereiro	Baixa	Sudeste (Bom Jesus, Santa Helena).
	28 de fevereiro	Alta	Sudoeste (Rio Verde, Jataí e Montividiu)
Minas Gerais	28 de fevereiro	Baixa	Vale do Rio Grande (Conceição das Alagoas)
		Baixa e Alta	Centro-Norte (Campo Grande, São G. do Oeste, Chapadão do Sul)
Mato Grosso do Sul	15 de março	Baixa	Centro-Sul (Dourados, Sidrolândia, Itaporã, Ponta Porã)
		Alta	Alto Paranapanema (Taquarituba, Itapeva, Capão Bonito)
São Paulo	15 de março	Baixa	Norte (Guaíra, Orlândia, Ituverava)
		Baixa	Noroeste (Votuporanga, Araçatuba)
	30 de março	Baixa	Médio Vale do Paranapanema (Assis, Ourinhos)
	30 de janeiro	Alta	Transição (Wenceslau Braz, Mauá da Serra, sul de Ivaiporã, Cascavel, sul de Toledo até Francisco Beltrão)
Paraná	15 de março	Baixa	Oeste e Vale do Iguaçu (Campo Mourão, sul de Palotina, Medianeira e Cruzeiro do Iguaçu)
		Baixa	Norte (Cornélio Procópio, Londrina, Maringá, Apucarana)
	30 de março	Baixa	Noroeste (Paranavaí, Umuarama)

¹Alta = altitude igual ou superior a 600 m e Baixa = altitude inferior a 600 m.

Fonte: Vários autores, citados por Duarte (2001)

4.1 Referências

DUARTE, A. P. Como fazer uma boa segunda safra. **Cultivar**, Pelotas, n° 25, p.10-18. 2001

ROSSETTI, L. A. Zoneamento agrícola em aplicações de crédito e seguridade rural no Brasil: aspectos atuariais e de política agrícola. **Rev. Bras. Agrometeorologia** 9(3):386-399. 2001. (N° Especial: Zoneamento Agrícola)

Capítulo 5

Manejo do Solo para a Cultura do Milho

João Herbert Moreira Viana

José Carlos Cruz

Ramon Costa Alvarenga

Derli Prudente Santana

5.1 Introdução

A estabilidade e a sustentabilidade de sistemas de produção agropecuários são preocupações cada vez mais constantes para toda a sociedade. Os agricultores necessitam ter garantida sua sobrevivência econômica e a sociedade depende da produção agrícola para sua própria existência. Essa estabilidade, por sua vez, somente pode ser mantida se houver um uso adequado e racional dos recursos naturais, especialmente do solo e da água. Outro aspecto a ser considerado são os impactos diretos e indiretos das atividades agropecuárias fora das propriedades, como a geração de resíduos e sedimentos, que podem comprometer os recursos naturais para muito além das cercas das fazendas, como a contaminação de lençóis freáticos e o assoreamento de rios e lagos. Com a expansão urbana e industrial e a ampliação da agricultura irrigada, é crescente a demanda por água, e se faz necessário enfocar a água como insumo estratégico e recurso natural limitado. A agricultura, como uma grande usuária dos recursos hídricos, é apontada como uma das principais degradadoras desse recurso; contudo, embora seja fonte de alguns problemas, esta também pode ser a solução de grande parte deles. O uso ineficiente e a degradação desses recursos são, portanto, assuntos de primordial importância nas análises para o planejamento das práticas de uso e manejo do solo e da água.

O manejo adequado do solo e da água é um pré-requisito que se deve ter sempre em mente quando se propõe estabelecer sistemas sustentáveis de cultivo. Sabe-se que o solo, quando passa a ser cultivado, pode sofrer degradação em seus atributos físicos, químicos e biológicos, de tal maneira que suas características iniciais não são mais mantidas. A intensidade dessa degradação depende grandemente das condições nas quais esse manejo é

executado, além das condições específicas de cada local. Em sistemas mais intensivos de uso, como em agricultura irrigada ou em sistemas onde se produz em safra e em safrinha, o solo é intensivamente cultivado duas ou até três vezes por ano, com grande risco potencial de degradação, em comparação com o sistema tradicional, com apenas um cultivo anual. Além disso, o agricultor, trabalhando com um cronograma de atividades bem definido, muitas vezes executa operações, como o tráfego de máquinas ou preparo de solo, em condições inadequadas de umidade para essas atividades. Isso, invariavelmente, causa danos cumulativos, acelerando a degradação.

Tem sido comum, em áreas com agricultura intensiva e sob irrigação, a presença de pontos onde o solo se apresenta compactado, com o processo de erosão instalado e com produtividade aquém da esperada. Mesmo nessa situação, observa-se, muitas vezes, o desconhecimento, e o que é mais grave, o desinteresse por parte do agricultor em reverter esse quadro. Somente com a tomada de consciência da necessidade da preservação desse recurso será possível reverter esse quadro, com a prática de uma agricultura mais racional, maximizando-se o uso dos recursos naturais e de capital e os rendimentos, e preservando-se o meio ambiente.

Nesse contexto, esse capítulo busca discorrer sobre alguns aspectos importantes para o manejo adequado do solo e da água, e que são de maior relevância para evitar a degradação desses recursos.

5.2 Desafios para o estabelecimento de um manejo adequado de solo e de águas

O planejamento de um sistema de produção deve visar atender a uma série de objetivos simultâneos, quais sejam, permitir a produção com rentabilidade econômica, atender às demandas por quantidade e qualidade de produtos pela sociedade e buscar a preservação dos recursos naturais. Portanto, o estabelecimento de sistemas de manejo deve levar em conta as limitações ambientais, econômicas, técnicas e sociais, além das restrições legais e de cunho particular, em cada caso.

O principal desafio passa, então, a ser a busca de uma solução de equilíbrio entre interesses muitas vezes conflitantes ou concorrentes, como a manutenção do ambiente e a maximização da produção. Alguns pontos, porém, devem ser considerados básicos para o planejamento do manejo, uma vez que levam a perdas irreversíveis, na maioria dos casos, pois podem destruir e inviabilizar os sistemas de produção, assim como outros sistemas, além da sua própria área de ação. Dentre esses pontos básicos, estão a identificação e o tratamento dos fatores de degradação, que afetam em conjunto o solo e a água. Assim, os principais fatores de degradação a serem evitados são:

- Erosão
- Compactação
- Contaminação

5.2.1 Erosão

A erosão é o principal fator de degradação dos solos agrícolas e está presente, em maior ou menor intensidade, em toda área cultivada. Além dos prejuízos que causa às atividades agrícolas, ela também traz prejuízos a diversas outras atividades econô-

micas e, especialmente, ao meio ambiente, devido à poluição que causa. Nas condições brasileiras, a principal forma de erosão é a hídrica, causada basicamente pelas chuvas. O impacto da gota de água da chuva no solo desprende as partículas e as coloca em suspensão. Não havendo transporte, essas partículas se sedimentarão na superfície, durante o processo de infiltração da água no solo, formando uma fina camada, o selamento superficial, que é, juntamente com a compactação, o maior responsável pelo estabelecimento dos processos erosivos. Nessa situação, a taxa de infiltração reduz-se acentuadamente, na medida em que os poros de entrada no solo são obstruídos, ocorrendo com maior intensidade em solos com altos teores de silte. Por outro lado, a compactação ocorre dentro do perfil do solo, geralmente em subsuperfície, entre 10 e 20 cm de profundidade, e pode ser produto da ação humana, pela realização das operações de preparo de solo, principalmente. A compactação reduz a taxa de infiltração de água, que, depois da saturação do espaço poroso, passa a se acumular sobre o solo e causar escoamento superficial, transportando, além das partículas desprendidas, a matéria orgânica, os nutrientes, sementes, defensivos agrícolas e outros materiais em suspensão ou dissolvidos na água. Quando a enxurrada vai perdendo a sua capacidade de transporte, em terrenos mais planos, os materiais arrastados vão sendo depositados. Entretanto, o destino mais comum da água de enxurrada são os cursos d'água, onde causa sérios prejuízos, devido ao assoreamento e à poluição. O seqüestro, via erosão, dos insumos agrícolas da área de produção, causa também sérios prejuízos à atividade agrícola, aumentando os custos de produção. Estando o escoamento superficial de água relacionado com vários atributos do solo e com as condições de superfície do mesmo, o manejo deve ser implementado de maneira integrada e com o maior grau de ajus-

tamento entre as atividades, com vistas a que se consiga um melhor rendimento agronômico com menor custo ambiental, via aumento da resistência do solo à erosão e redução das forças no processo erosivo.

O risco de erosão aumenta à medida que se aumenta o número de vezes que o solo é revolvido por aração e gradagens durante o ano. Sabe-se que o início do escoamento superficial (enxurrada) varia, uma vez que o tempo necessário para que ocorra a saturação do espaço aéreo do solo depende de suas características, principalmente da quantidade e continuidade dos macroporos, da presença de camadas de impedimento superficiais e subsuperficiais e do conteúdo de umidade do solo, no momento do início da chuva. A capacidade de a vegetação e os resíduos vegetais interceptarem ou absorverem água pode retardar o início do escoamento. Nesse caso, a diferença entre a agricultura de sequeiro e a irrigada reside no fato de que, se houver um evento de irrigação e posteriormente ocorrer chuva, o maior conteúdo de umidade na condição irrigada reduzirá o tempo para que haja início do escoamento superficial, aumentando o risco de erosão.

5.2.2 Compactação

A habilidade das plantas em explorar o solo depende grandemente da distribuição de raízes no perfil do solo, que, por sua vez, depende das condições físicas e químicas, que são passíveis de alterações em função do manejo aplicado. Após uma pressão no solo, exercida, por exemplo, pelas rodas dos tratores, de máquinas agrícolas e pelo pisoteio de animais, pode ocorrer a quebra dos agregados e o aumento da densidade do solo, reduzindo a porosidade e, conseqüentemente, causando a diminuição

da troca gasosa, a limitação do movimento de nutrientes na água, a redução da taxa de infiltração de água e o aumento do escoamento superficial, com aceleração da erosão.

A compactação é reconhecida como uma das principais conseqüências do manejo inadequado do solo, aparecendo, geralmente, abaixo da camada cultivada.

A compactação altera o padrão de crescimento das raízes, pelo aumento da resistência e pelo decréscimo na porosidade do solo. Porosidade é um termo que relaciona o conteúdo de água e de ar no volume do solo explorado pelas raízes. Observam-se, em áreas com solo severamente compactado, que as raízes das culturas não penetram na camada compactada, ficando concentradas acima dessa. A água também tem sua taxa de infiltração reduzida e, em conseqüência, aumenta-se o escoamento superficial e, por conseguinte, a erosão.

Na camada compactada, as características químicas e físicas do solo são modificadas, pela redução no número de poros grandes, de modo que o crescimento das raízes sofre uma série de alterações, tanto de ordem morfológica quanto fisiológica, que vão afetar o seu desempenho, crescimento e desenvolvimento. Há uma relação positiva entre profundidade de enraizamento, vigor da planta e rendimento das colheitas, por um lado, e recuperação do solo e desenvolvimento do enraizamento, por outro.

Há muito é conhecido que mudanças na morfologia, hidratação e taxa de respiração podem ser associadas à habilidade da raiz em penetrar solos compactados. Em solos adensados ou compactados, as raízes se mostram curtas e grossas, com alto peso de material seco, e apresentam, também, parede celular

engrossada, sugerindo maior resistência estrutural e maiores taxas de respiração.

Trabalhos de pesquisa mostram que a presença de uma camada compactada, em subsuperfície, foi a responsável pela redução máxima no crescimento do sistema radicular da soja, da ordem de 50,65%, para um Nitossolo, e de 59,68%, para um Latossolo Vermelho. Ainda com relação à soja, observou-se, em um solo da região dos Cerrados, que o crescimento dessa planta era prejudicado a partir do segundo ano de uso do solo. A raiz pivotante não cresceu em profundidade e as laterais cresciam próximas à superfície do solo.

Pesquisas mostraram que as raízes mais grossas do milho eram confinadas nos espaços maiores entre os agregados, mas as raízes médias e finas cresciam ao redor e dentro dos agregados, desde que a densidade aparente desses não fosse superior a $1,8 \text{ gcm}^{-3}$.

A mudança no arranjo dos componentes do solo traz uma série de problemas, cujo somatório contribui para a perda da sua qualidade ou de seu potencial de produção. Desse modo, quando o solo se encontra compactado, há um decréscimo na percentagem de poros grandes, ou macroporos, similar em tamanho e diâmetro às raízes das plantas, o que aumenta a dificuldade de penetração das raízes. Os macroporos são extremamente afetados pela compactação do solo e, com altos níveis de compactação, quase todos os poros não-capilares são destruídos, reduzindo a permeabilidade do solo, o movimento da água e do ar e a penetração das raízes na camada do solo. Daí, avalia-se a importância da adoção de práticas de manejo do solo que mantenham ou recuperem a sua estrutura, recuperando, assim, sua

macroporosidade e a continuidade desses poros. Por outro lado, a microporosidade do solo está relacionada com a retenção de água, ou seja, são esses poros os responsáveis pela maior parte do armazenamento de água.

Pesquisas mostraram que, quando a macroporosidade do solo é reduzida a valores inferiores a 15%, a sua aeração já é afetada, dificultando o crescimento das raízes. Também foi verificado que a maior proporção de raízes ocorreu em solo que apresentou maiores quantidades e continuidade de macroporos. Esses resultados mostram a importância de se ter poros grandes o suficiente para permitir a penetração das raízes das plantas.

Outro atributo a ser considerado no processo de compactação é a textura do solo. Solos constituídos por partículas do mesmo tamanho são menos susceptíveis ao processo de compactação, comparados àqueles onde há presença de argila, silte e areia. Isto se deve ao fato de as partículas de tamanho diferente se arranjam e as menores preencherem os poros entre as maiores. Algumas areias servem para ilustrar essa situação, onde a fração areia fina se ajusta bem nos espaços, provocando alto grau de adensamento, que pode ser observado em solos intensivamente trabalhados, sendo encontradas áreas com acúmulo de água na superfície.

A identificação da camada compactada pode ser feita, no campo, por meio de observações práticas ou utilizando-se equipamentos apropriados, destacando a determinação da densidade do solo, que é o método de maior precisão e largamente utilizado. Apesar de muitas limitações, a resistência de solo é freqüentemente usada para comparação de graus de compactação, por causa da facilidade e rapidez para realização de um grande

número de medidas. Entretanto, comparações diretas entre essas determinações só podem ser feitas quando a textura e o teor de umidade forem os mesmos, pois essas medidas afetam os resultados.

A presença da compactação pode ser notada através de observações dos sintomas visuais que provoca em plantas e no solo, descritos a seguir.

5. 2.2.1 Sintomas visuais no solo

5. 2.2.1.1 Encrostamento ou selamento superficial do solo

O impacto da gota de água de chuva ou de irrigação com a superfície do solo desprende partículas que ficam em suspensão e, à medida que a água vai-se infiltrando, depositam-se na superfície de maneira orientada, de tal modo que formam uma fina camada de impedimento à infiltração de água e de ar, ao mesmo tempo que dificultam a emergência das plântulas. Esse fenômeno, potencialmente, é o ponto de partida para que um processo de erosão seja iniciado, desde que haja excesso de água para o escoamento superficial e energia para o transporte.

5.2.2.1.2 Compactação superficial do solo

O tráfego é o principal causador dessa alteração, sendo possível perceber os sulcos deixados pelos pneus das máquinas e veículos que trafegam sobre o solo. Contabiliza-se essa compactação como o volume de macroporos destruídos proporcional ao volume de espaço criado pelo rebaixamento da superfície do solo em relação à sua posição original.

5.2.2.1.3 Compactação em subsuperfície

A compactação em superfície resulta principalmente das operações de preparo de solo. A água de chuva ou irrigação pode transportar partículas do solo revolvido pelo preparo até a subsuperfície, contribuindo para aumentar o volume de sólidos dessa camada. Um método expedito para se constatar a presença de compactação, a sua espessura e sua profundidade consiste no exame do perfil do solo. Na lateral de pequenas trincheiras abertas, verificam-se as variações na resistência do solo, utilizando-se um objeto pontiagudo, como uma faca. A variação no esforço para se executar o mesmo trabalho em duas camadas de solo é um indicativo forte da presença de camada compactada. Essas observações devem ser completadas com observações na alteração e conformação do sistema radicular, considerando que o crescimento horizontal de raízes indica a presença desse impedimento. O crescimento anormal das raízes na camada mais dura indica a necessidade de rever o método de manejo adotado, para que o processo não evolua. Essa prática exige alguma experiência do examinador, pois deve-se levar em consideração alguma variação de umidade entre as camadas, e mesmo uma diferença devido à transição entre horizontes.

5.2.2.1.4 Água empoçada

Não havendo possibilidade de escoamento do excesso de água, esta permanece sobre a superfície do solo, formando poças nas depressões apresentadas pelo terreno, indicando problemas de infiltração. Esse acúmulo pode causar problemas de aeração em culturas susceptíveis, indicado pelo amarelecimento destas.

5.2.2.1.5 Erosão hídrica

O excesso de água escorrendo superficialmente vai transportando as partículas de solo e, dependendo das condições, a erosão pode se manifestar nas suas diferentes formas, desde laminar, em que se percebe a remoção mais homogênea em toda superfície de pequena camada do solo, até as suas formas mais severas, em sulcos, podendo evoluir para voçorocas.

5.2.2.1.6 Aumento de requerimento de potência para o preparo do solo

A camada compactada oferece maior resistência aos implementos de preparo de solo, de tal maneira que é necessário usar maior potência para executar uma atividade que antes era feita com menor requerimento de potência. Quando essa resistência aumenta acima de um certo limite, em vez de o equipamento romper o solo, ele passa a operar acima dessa camada, indicando a necessidade de uso de um equipamento diferente para romper essa camada.

5.2.2.2 Sintomas visuais em plantas

5.2.2.2.1 Sistema radicular superficial

A camada compactada exerce resistência à penetração das raízes, muitas vezes maior do que a pressão de crescimento destas. Quando isso ocorre, há alteração no seu padrão de crescimento, com mudanças na conformação e disposição, tornando-se mais grossas e tortuosas, portanto menos eficientes em extrair água e nutrientes do solo, podendo crescer mais no sentido horizontal, acima dessa camada.

5.2.2.2 Demora na emergência das plantas

Em consequência da maior dificuldade para a infiltração da água e para que as trocas gasosas ocorram, há, primeiramente, retardamento do processo de germinação da semente. Em seguida, o selamento superficial do solo exerce forte resistência à emergência das plântulas, que desprendem grande energia para romper essa barreira, atrasando a emergência.

5.2.2.3 Padrão irregular de crescimento das plantas

Havendo impedimento para o crescimento radicular, as raízes crescem menos, e exploram menor volume de solo, ficando a nutrição da planta comprometida, afetando o seu desenvolvimento e crescimento. Assim, observa-se um crescimento irregular de plantas, geralmente de porte mais baixo que o normal.

5.2.2.4 Folhas com coloração não característica

Em razão da deficiência nutricional, resultante de menor volume de solo explorado, as folhas apresentam coloração atípica. Esse sintoma também aparece em solos severamente compactados, onde se cria um ambiente de redução, logo acima dessa camada, devido ao acúmulo da água. Esse fenômeno afeta a planta em qualquer fase de seu ciclo, desde a germinação da semente, causando problemas.

5. 2.2.3 Eliminação de camada compactada

Uma vez identificada a presença de camada compactada, e constatado que ela está causando problemas ao desenvolvimento das plantas e degradação do solo, o próximo passo é a sua eliminação. A técnica a ser adotada vai depender da profundidade em

que a mesma se encontra e do grau de problema que ela esteja causando. Em situações onde ela ainda não é muito intensa, é possível contornar o problema modificando o sistema de manejo de solo, com rotação de culturas, incluindo plantas de sistema radicular mais vigoroso, capazes de penetrar em camadas que ofereçam maior resistência. O sistema radicular dessas plantas irá deixar canáliculos, por onde penetrarão água e raízes de outras espécies mais sensíveis à compactação. Quando houver a necessidade de sua eliminação, isto poderá ser feito das formas descritas a seguir. Ocorrendo até cerca de 35 cm, ela pode ser rompida com o arado de aiveca ou o arado escarificador. Em profundidades maiores, pelo uso de um subsolador. É importante salientar que os equipamentos de discos são ineficientes nessa operação.

Uma vez rompida essa camada, deve ser traçado um plano de manejo desse solo, que previna o aparecimento futuro de nova camada compactada. Para isso, deve-se lançar mão de técnicas de manejo e conservação do solo que sejam factíveis na realidade onde se trabalha. O uso de implementos que trabalhem a maiores profundidades e, portanto, sejam capazes de romper essa camada compactada, é recomendado em determinadas situações. Há de se considerar, entretanto, que essa técnica requer tanto equipamentos quanto tratores mais pesados, o que, invariavelmente, proporciona maior pressão ao solo, podendo compactá-lo ainda mais.

5.2.3 Contaminação

O solo é o destino normal de vários tipos de resíduos, incluindo os resultantes da própria agricultura, mas também de outras atividades associadas, como as agroindústrias. Muitos desses resíduos podem ser prejudiciais às atividades agrícolas, mas,

em muitos casos, o principal prejuízo é ao meio ambiente e aos recursos hídricos. Dessa forma, as boas práticas agrícolas, que impeçam a contaminação ou permitam que eventuais contaminantes sejam imobilizados ou degradados, podem auxiliar a evitar problemas de difícil solução. Essas práticas incluem o uso adequado de produtos químicos, como os herbicidas e inseticidas, o descarte de seus vasilhames, conforme as normas, e as práticas culturais que evitem a produção e o transporte de sedimentos ou resíduos de culturas, carreando esses produtos. Adubações pesadas, embora não usuais na maioria dos casos, podem ocasionar o risco de contaminação do lençol freático e de águas superficiais, com graves prejuízos ambientais e danos à saúde humana. Outro ponto importante é o uso crescente da adubação orgânica líquida, como o chorume de suínos ou bovinos. Esses materiais podem oferecer quantidades apreciáveis de nutrientes e material orgânico ao solo, melhorando consideravelmente a sua fertilidade, mas também podem ocasionar a contaminação do solo e da água, se usados inadequadamente.

5.3 Planejamento do uso do solo

Para toda situação de uso da terra, o manejo adequado do solo tem de ser buscado visando uma agricultura rentável, tecnicamente correta e sustentável. Para que isso seja alcançado, o primeiro fator a ser considerado é o reconhecimento das classes de solos presentes e de suas características, com vistas a se conhecer as suas limitações e potenciais quanto ao uso. Esse levantamento deve levar em conta a capacidade de suporte da bacia hidrográfica, para que se possa planejar a localização adequada de cada exploração: matas, pastagens, lavouras, áreas de preservação e de lazer, procurando otimizar a produção agrícola e a “produção de água”. Além da localização adequada, é preciso obser-

var a maneira correta de fazê-las. O sistema de produção de milho deve, na medida do possível, e respeitando-se as limitações e peculiaridades de cada caso, estar integrado aos demais sistemas de produção, como os sistemas agrossilvipastoris ou sistemas de integração lavoura-pecuária. A adoção de tecnologias de integração lavoura-pecuária numa visão sistêmica da propriedade agrícola visa, além da recuperação da qualidade do solo e da produtividade das áreas, melhorar as condições socioeconômicas do produtor rural e as condições do meio ambiente. O uso de tecnologias que otimizem o uso de recursos e reduzam o risco de poluição, ao mesmo tempo em que propiciem um melhor controle do sistema, como as técnicas de agricultura de precisão, é recomendado.

De posse desse conhecimento básico, é feito o planejamento de condicionamento da área à proposta de agricultura, decidindo-se pelo melhor uso e manejo, objetivando maximizar o uso da terra, ao mesmo tempo em que se permita a sua permanência como bem não degradado.

5.3.1 Planejamento das vias de acesso

O planejamento conservacionista passa, inicialmente, pela locação dos meios de acesso, que, na medida do possível, deverão ser construídos num nível acima daquele do terreno agricultável. Esse cuidado, embora possa onerar o projeto num dado momento, vai evitar que as estradas se transformem num fator concentrador de enxurrada, o que fará aumentar a erosão e os gastos com a manutenção, além de dificultar o trânsito. As estradas devem ser locadas preferencialmente em nível, pois funcionarão também como um obstáculo ao escoamento superficial da água e, não sendo possível, deverão ser dotadas de camalhões para desvio da água até os terraços, que a distribuirão na área. Essa prática, entretanto, não é recomendada para solos com baixas taxas de infiltração. Nesse caso, deverão ser alocadas bacias

de armazenamento e de infiltração do excesso de água, distribuídas nas laterais das estradas, ou construídos canais escoadouros.

O planejamento das vias de acesso deve considerar, ainda, o tráfego racional das máquinas e equipamentos na área agricultável, de tal modo que seja evitado o trânsito desnecessário sobre o solo, que é um fator importante na sua compactação. Essa compactação na superfície do solo é o principal problema que aparece em áreas onde existe trânsito de veículos, máquinas e outros equipamentos. Não havendo esse planejamento inicial, a cada safra esse fenômeno é agravado, especialmente em agricultura irrigada, onde há um uso intenso e a umidade do solo pode ser inadequada durante o momento de tráfego. A impedância mecânica resultante vai modificar diversos atributos do solo, os quais regulam uma série de reações que afetam decisivamente o crescimento das raízes, reduzindo a produtividade e a taxa de infiltração da água e, conseqüentemente, acelerando os processos erosivos.

Em agricultura irrigada, o manejo dos solos reveste-se de maior importância e cuidado pois, muitas vezes, o agricultor tende a executar algumas operações com o solo em condição imprópria para tal. A condição de umidade do solo é muito importante, pois o manejo em condições de solo seco ou com alto conteúdo de água ocorre com freqüência e contribui muito para a sua degradação.

5.3.2 Planejamento e estabelecimento de práticas de conservação do solo e da água

5.3.2.1 Práticas vegetativas

Pode-se lançar mão de várias tecnologias com vistas a incrementar a proteção do solo aos agentes causadores de erosão. O manejo das plantas pode ser direcionado para que confira maior resistência aos agentes de degradação do solo, sendo conhecido como práticas vegetativas de conservação do solo. A maior

densidade com que as plantas e os seus resíduos recobrem o solo irá conferir-lhe maior grau de proteção. Desse modo, a escolha de uma determinada cultivar de milho, considerando-se igual potencial de produção, pode recair sobre aquela cuja recomendação prevê maior densidade de plantas. Outra possibilidade é a redução do espaçamento, respeitando-se a densidade de plantas por hectare, o que permite melhor distribuição das plantas sobre o solo.

Nessa situação, além do melhor aproveitamento dos fatores de crescimento, a cobertura do solo será mais homogênea, sendo mais efetiva na interceptação da chuva, evitando o seu impacto direto no solo. Na superfície do solo, o efeito do número de plantas ou da redução de espaçamento será notado pelo maior número ou melhor distribuição de colmos, funcionando como barreira ao escoamento superficial de água.

5.3.2.2 Manejo dos restos das culturas

O manejo dos restos das culturas é fundamental na conservação do solo, sendo que sua permanência sobre a superfície contribuirá para maior controle de erosão e para a manutenção da qualidade do solo. É desejável que eles sejam mantidos sobre a superfície, para minimizar o impacto da chuva. Eles desempenham também um efeito atenuador da pressão sofrida pelo solo devido ao tráfego, reduzindo a compactação, e da amplitude térmica no solo, o que favorece a atividade biológica e a dinâmica da água. Também têm um papel importante na conservação da umidade do solo, reduzindo a evaporação, o que contribui para uma economia no uso de água. Segundo resultados de pesquisa, o plantio direto pode causar uma economia de água em torno de 17%. No caso do milho, num cálculo para se estimar a oferta de palha, para cada tonelada de grãos colhidos se consegue pelo menos uma tonelada de palha (relação 1:1). Vale lembrar que o excesso de palha poderá causar algum problema operacional durante o plan-

tio e na emergência das plântulas, e irá requerer maior atenção para com a adubação nitrogenada, devido a uma eventual imobilização desse nutriente pelos microrganismos, podendo causar deficiência às plantas.

Além dessas práticas, a adubação orgânica líquida com chorume de suínos ou bovinos tem crescido. Esses materiais podem oferecer quantidades apreciáveis de nutrientes e material orgânico ao solo, melhorando consideravelmente a sua fertilidade. Soma-se a isto o fato de que essa prática transforma um produto que quase sempre é perdido e polui o meio ambiente em um insumo de baixo custo e alta qualidade. A vantagem em se aplicar chorume por aspersão, em relação ao sistema tratorizado de distribuição em tanque-vácuo ou na forma sólida, é que os custos de aplicação são reduzidos, o tempo gasto é menor e o tráfego é reduzido, com isso, reduzindo-se problemas de compactação do solo.

5.3.2.3 Terraceamento

O escoamento superficial de água é fortemente influenciado pelo declive, ou seja, a probabilidade de haver erosão aumenta com o aumento da declividade do terreno, existindo um comprimento crítico do declive a partir do qual a erosão hídrica aumenta, sendo necessário interceptar o escoamento para que o fenômeno da erosão seja minimizado; a maneira mais eficaz é o seccionamento do comprimento do declive, mediante a construção de um sistema de terraceamento. Embora a sua eficiência seja inegável, deve-se ter em mente que terraço não é sinônimo de conservação do solo; por isso, deve ser sempre empregado em associação com outras técnicas de manejo e conservação do solo e da água, com vistas a que o sistema seja o mais sustentável possível. Nunca é demais lembrar que o sistema de terraceamento não resolve o problema da erosão na faixa de plantio entre os terraços. Nesse caso, é necessário que outras tecnologias de manejo de solo, de água e de plantas sejam associadas, para que esse problema seja minimizado.

É possível fazer coincidir o período de precipitação mais intensa, no início do verão, com culturas já estabelecidas, o que aumentará a densidade de vegetação nessa época de maior risco de erosão. Excepcionalmente, em condições de plantio direto, há uma corrente de pensamento que defende a retirada dos terraços. Entretanto, em alguns casos, essa prática tem causado o retorno da erosão, principalmente em áreas com solos de textura média. Recentemente, pesquisas demonstraram a necessidade de manutenção dessas estruturas, mesmo em áreas sob o sistema de plantio direto, como forma de minimizar os prejuízos advindos da erosão, pois, a partir de determinado comprimento de declive, o volume da enxurrada aumenta e passa a escorrer por debaixo da camada de resíduos, erodindo o solo. Existe também a possibilidade de perda de nutrientes pela lavagem da palhada das culturas, e sua remoção pelas águas, em escoamento superficial.

Os dois principais tipos de terraços que se têm usado em terras agricultáveis são o de base larga e o de base estreita. Eles podem, ainda, ser construídos em nível, também chamados de terraço de armazenamento de água. Em solos com baixa taxa de infiltração de água, o tipo de terraço indicado é com gradiente, para drenar o excesso de água, que será conduzido para canais escoadouros naturais, artificiais ou para bacias de contenção, armazenamento e infiltração.

O terraço de base larga apresenta algumas vantagens sobre o de base estreita, as quais são decisivas na sua escolha. A primeira delas é que não constituem obstáculo ao tráfego, pois pode-se transitar e plantar sobre eles, o que elimina muitas manobras de veículos e máquinas sobre a área. Essa racionalização no tráfego reduz a compactação superficial e, por conseguinte, a erosão, diminui o consumo de combustíveis, melhora o rendi-

mento das operações realizadas nas diversas fases das culturas e o ganho de tempo em todas as etapas. A outra vantagem é que há o aproveitamento total da área agrícola. Programas computacionais têm possibilitado dimensionar e otimizar a implantação e o manejo de sistemas de conservação de solos e de drenagem de superfície, constituindo-se, desta forma, em poderoso aliado para o planejamento conservacionista e, conseqüentemente, para o próprio desenvolvimento sustentável da agricultura.

5.3.3 Preparo do solo

A seleção do sistema de preparo e manejo do solo é fator imprescindível para a obtenção de altas produtividades. Entretanto, deve-se ter em mente que esse objetivo não se resume ao próximo período agrícola apenas, mas, também, deve visar o longo prazo. Para que isso aconteça, as alterações físicas indesejáveis ao solo devem ocorrer no menor grau possível, ao mesmo tempo em que se busca a manutenção do solo como um recurso não degradado e a menor interferência possível no meio ambiente.

O que se pretende com o preparo do solo, ao menos temporariamente, é obter as condições iniciais favoráveis ao crescimento e estabelecimento das plantas, de tal maneira que se assegurem altos rendimentos e o retorno dos investimentos realizados. Especialmente sob condições de manejo intensivo do solo, deve-se ter em mente o alto risco à degradação do solo como resultado do manejo irracional. Em razão disto, deve-se buscar um sistema que não mobilize o solo mais do que o necessário, como forma de minimizar as alterações físicas, o que, por sua vez, causará menor impacto sobre as taxas de escoamento superficial e de infiltração da água no solo. Essas taxas têm efeito direto sobre a umidade do solo, que, por sua vez, desempenha um importante papel na compactação.

Por isso, o preparo do solo deve ser efetuado preferencialmente em condições de friabilidade, nas quais apresenta baixa resistência ao preparo e alta a moderada capacidade de suporte de carga, e resistência à compressão. Verifica-se que a umidade crítica de compactação está contida na faixa de umidade onde o tráfego de máquinas é normalmente realizado. Sugere-se que o tráfego de máquinas não seja realizado quando a umidade do solo for aproximadamente igual ao limite de plasticidade, o que evita maiores riscos de compactação do solo. Pesquisas sugerem a utilização de alguns atributos do solo, tais como 90% do limite de plasticidade, 90% da água retida a $-0,01$ MPa ou a água retida a $-0,033$ MPa, como tentativa de obtenção da umidade crítica de compactação. A condição ideal para mobilização do solo é aquela em que o teor de umidade do solo esteja abaixo desses valores.

As técnicas de manejo e preparo do solo podem ser agrupadas em duas classes, conforme o grau de impacto que elas causam ao solo. A primeira delas é a de preparo convencional, e a outra, de manejo ou preparo conservacionista do solo.

5.3.3.1 Preparo convencional do solo

O preparo convencional do solo se dá em duas etapas. Na primeira, o preparo primário, faz-se aquela operação inicial de mobilização do solo, mais profunda e grosseira, que visa essencialmente eliminar ou enterrar as plantas daninhas e os restos culturais e, também, melhorar as condições ao solo visando facilitar o crescimento inicial de raízes e a infiltração de água. A segunda etapa é constituída por operações superficiais subseqüentes ao preparo primário, e são feitas normalmente com grades. Constituem o nivelamento e o destorroamento do terreno, com eliminação de plantas invasoras, de forma a permitir um ambiente favorável ao plantio e ao desenvolvimento inicial das plantas.

Os métodos mais tradicionais de preparo convencional do solo são aqueles em que se utilizam arados e grades para o preparo primário.

5.3.3.1.1 Arado de disco

Trabalha a uma profundidade média de 20 cm, incorporando parcialmente os resíduos vegetais e plantas daninhas. Como vantagens, ele se adapta bem aos vários tipos e condições de solo, como os pedregosos ou os recém-desbravados, onde ainda existam raízes e tocos e promove uma boa mistura de calcário ao solo. Suas desvantagens são o baixo rendimento do trabalho e alto consumo de combustível na operação. Em terrenos com grande quantidade de massa vegetal na superfície, ele poderá embuchar.

5.3.3.1.2 Grade aradora

As grades pesadas, assim como os outros equipamentos de discos, são agentes causadores de maior compactação, pois o peso total do equipamento é distribuído numa área muito pequena do disco. Provavelmente, a opção pela grade aradora se faz em função da possibilidade de ser obtido maior rendimento do serviço com menor consumo de combustível, além de se conseguir realizar tanto a aração primária quanto a secundária, destorroamento e nivelamento, com esse implemento. Pode ser utilizada em condições desfavoráveis, como solos recém-desbravados, com tocos e raízes, ou com alta infestação de plantas daninhas, além de ser um equipamento de fácil regulagem. Suas desvantagens são a compactação excessiva a menor profundidade, o que reduz o espaço radicular e a capacidade do solo de armazenar água, a pulverização do solo, sendo essa tanto maior quanto maior for o número de vezes que ela é utilizada, o que vai facilitar

a erosão, e também o fato de deixar pouca cobertura morta sobre a superfície.

5.3.3.1.3 Arado de aiveca

A procura por esse equipamento tem aumentado em alguns segmentos da agricultura, em virtude de algumas vantagens que ele apresenta, uma vez que penetra à profundidade de até 40 cm e é eficiente na descompactação. Faz melhor enterrio de restos vegetais e sementes de invasoras, fazendo melhor controle dessas. Suas desvantagens são a dificuldade para trabalhar em áreas onde existam muitos tocos e raízes, embora a indústria venha trabalhando para dotá-lo de mecanismo de segurança, reduzindo essa limitação e menor adaptabilidade a diferentes solos. Para solos pegajosos, o mais recomendado é a aiveca com telha tombadora recortada. Para os de textura média, o arado com telha inteiriça ou lisa é mais apropriado, embora deixe muito pouco resíduo vegetal na superfície. Demanda maior potência na tração para realizar aração profunda, o que, de certa forma, aumenta os riscos de compactação, devido ao maior peso dos tratores que são empregados.

5.3.3.2 Preparo conservacionista do solo

A partir do início dos anos 90, aumentou muito o interesse por métodos conservacionistas de manejo de solos. Neles, se busca ajustar tecnologias que possibilitem aliar menor mobilização do solo e preservação da matéria orgânica, que é, reconhecidamente, de fundamental importância não só para a sustentabilidade do ecossistema, mas também pela influência direta e indireta nos processos químicos, físicos, físico-químicos e biológicos. Esses métodos revolvem menos o solo e deixam maior quantidade de resíduos culturais sobre a sua superfície, conferindo-lhes maior

resistência contra os agentes causadores de degradação, especialmente a erosão hídrica.

Dois métodos merecem destaque, devido ao seu papel conservacionista, baixo nível de dano e alto nível de proteção ao solo, de tal modo que é possível aliar produtividade e conservação do solo e água, binômio este da maior importância quando se busca a sustentabilidade em sistemas agrícolas.

5.3.3.2.1 Arado escarificador

A principal característica desse arado é que, no preparo, ele somente “afrouxa” o solo, sem revolvê-lo muito e sem causar compactação, trabalhando até uma profundidade de 0,4 m e, quando dotado de rolo destorroador/nivelador, dispensa a gradagem. É de grande eficiência na descompactação de solo e, para tanto, deve ser empregado quando o solo apresentar-se mais seco, mas ainda dentro da faixa de friabilidade, para que não haja formação de grande quantidade de torrões grandes. Apresenta bom rendimento e proporciona bom desenvolvimento radicular e facilidade para a infiltração de água. O diferencial entre esse equipamento e aqueles de preparo convencional reside no fato de que o escarificador possibilita que grande parte dos resíduos vegetais continue sobre a superfície do solo.

Como desvantagens ele pode apresentar, em áreas onde existam muitos tocos e raízes, um trabalho de pior qualidade, mesmo aqueles equipamentos dotados de mecanismos de desarme automático. Onde existe uma massa vegetal muito densa, pode ocorrer embuchamento do equipamento, inclusive naqueles dotados de disco de corte de palha. Nessa situação, deve-se dedicar maior atenção às operações que antecedem a aração, como cuidar para que os resíduos vegetais estejam uniformemente distri-

buídos e que estes estejam secos. Caso estejam apenas murchos, a operação de corte é prejudicada, aumentando os riscos de embuchamento e diminuindo a qualidade do plantio. Como ele não inverte a camada superficial do solo, haverá a pronta emergência de plantas daninhas, devendo haver um perfeito conhecimento sobre o uso de herbicidas no momento adequado.

5.3.3.2.2 Sistema plantio direto

Apresenta-se como a técnica com melhores condições de manter a sustentabilidade do solo, principalmente em sistemas de uso intensivo, onde são realizados dois ou mais cultivos ao ano. Nessas condições, o solo será intensivamente mobilizado quando se adotar o preparo convencional. Por outro lado, o sistema plantio direto limita essa mobilização ao sulco de plantio, onde são depositadas as sementes e fertilizantes, permanecendo o restante da superfície sem qualquer revolvimento e protegida pelos resíduos das culturas anteriores. O sistema plantio direto foi desenvolvido com o objetivo principal de proteger o solo contra a erosão e, assim, evitar a degradação acelerada do mesmo. Desse modo, o potencial produtivo do solo é assegurado ao longo do tempo. Houve uma grande evolução tecnológica do sistema de plantio direto no Brasil, desde a sua introdução, na década de 70 e, hoje, já é possível assegurar o controle de erosão associado a produções equivalentes ou até mesmo superiores às dos métodos convencionais de preparo do solo e, o que é mais importante, assegurar essas altas produtividades no decorrer de vários anos.

Entretanto, vale ressaltar alguns pontos importantes que devem ser considerados quando se pretende implantar o sistema de plantio direto. Os cuidados com o solo começam antes da implantação do plantio direto, havendo necessidade de conhecer a

fertilidade atual e as condições físicas do solo com o qual se vai trabalhar. De posse desses conhecimentos, planejam-se, então, as etapas iniciais, ditas de “condicionamento do solo”, que dizem respeito à eliminação de camadas compactadas e à incorporação de corretivos e fertilizantes. Além desses cuidados iniciais, existem outros que devem ser tomados, como a eliminação de plantas daninhas perenes e outras muito agressivas, que, quando identificadas, devem receber um controle específico. Em solos que apresentem erosão em sulcos, estes devem ser eliminados, de maneira que a superfície do terreno seja mais nivelada, favorecendo um plantio à mesma profundidade, o que garantirá maior uniformidade da lavoura.

Um último passo antes de se implantar o sistema de plantio direto, e que deve ser mantido constantemente, é o de formação de uma cobertura morta sobre o solo, conseguida através do manejo dos resíduos da cultura anterior, ou com plantas cultivadas com essa finalidade. Como o sistema de plantio direto mantém os resíduos na superfície, podem aumentar os riscos de que ocorram algumas pragas e doenças. Portanto, a rotação de culturas deve ser adotada como regra, especialmente como medida para tentar reduzir a incidência dessas pragas e doenças. A rotação também tem papel importante na nutrição das plantas, pois é sabido que o sistema de plantio direto modifica a dinâmica dos nutrientes. Assim, atenção especial deve ser dada, principalmente nos primeiros anos de implantação da técnica, quando poderá ocorrer maior imobilização de nutrientes na biomassa de resíduos de plantas e microbiana do solo, para o caso particular do nitrogênio. Deixar os resíduos da cultura anterior sobre a superfície do solo, como cobertura morta, é uma das práticas mais eficientes de controle da erosão. Além de impedir o impacto direto das gotas de chuva ou de irrigação sobre o solo, evita o despren-

dimento das partículas, favorece a atividade biológica, a infiltração de água e constitui uma barreira ao escoamento da enxurrada, além de manter a umidade do solo por mais tempo, pois dificulta a evaporação da água. A presença da cobertura morta auxilia também no controle das plantas daninhas, dependendo da sua quantidade e distribuição, podendo haver uma economia significativa de herbicidas após o estabelecimento de cobertura do solo com resíduos em plantio direto, o que é um fator extremamente importante tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental. Outra consideração diz respeito à economia de água com a adoção do sistema. Avaliação do conteúdo de água no solo, realizado na Embrapa Milho e Sorgo, em Latossolo Vermelho, sob diferentes condições de uso, durante um período de veranico, mostrou que, sob plantio direto de milho, a perda de água do solo foi acen-tuadamente menor do que sob preparo com arado de disco ou sob vegetação de cerrado (Tabela 5.1), o que indica uma economia de água em favor do sistema de plantio direto.

O sistema de plantio direto promoveu uma redução substancial nas perdas de solo e de água em relação aos métodos convencionais de preparo do solo, o que demonstra a eficiência do método conservacionista para a sustentabilidade do solo, contribuindo, dessa maneira, para a preservação do meio ambiente e para a economia de água.

Verificou-se, também, que a dinâmica da água parece não se alterar muito, quando se mantêm pelo menos 6 t ha^{-1} de resíduos sobre a superfície do solo, o que causa um diferencial na evaporação da água do solo, o que significa economia no consumo de água. Vários trabalhos de pesquisas mostraram economia de água em favor do sistema de plantio direto, em comparação ao método convencional.

Tabela 5.1. Teor de umidade de um Latossolo Vermelho cultivado com milho, em sistema de plantio direto, em função do prolongamento do período de veranico. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 1996.

Tratamento	Palha	Dias de Veranico		
		2	5	10
	t ha ⁻¹ g kg ⁻¹		
<i>Plantio Direto</i>	0	368,5	326,0	247,8
<i>Plantio Direto</i>	3	311,5	315,0	252,8
<i>Plantio Direto</i>	6	396,3	373,3	289,8
<i>Plantio Direto</i>	9	357,3	330,3	262,3
<i>Plantio Direto</i>	12	373,1	348,0	292,3
<i>Cerrado</i>	-	400,1	309,9	265,4
<i>Arado de Disco</i>	-	277,0	253,0	248,0

Nesse sistema, deve haver, ainda, um controle rigoroso do tráfego sobre o solo, observando-se as condições de umidade, com vistas a que a compactação superficial não venha a se tornar um problema. Para isto, deve-se evitar movimentação quando o solo estiver com umidade na faixa superior do limite de friabilidade ou acima dela, conforme já se discutiu anteriormente.

5.4 Considerações finais

O uso criterioso dos recursos naturais não é apenas uma obrigação ética e social do agricultor, mas também a garantia de seu sucesso imediato e futuro. A agricultura deve produzir vários tipos de produtos para a sociedade, além do próprio produto agrícola. Entre estes se incluem a água e um espaço rural limpo e saudável. Resultados comprovam que, em muitas situações em que se praticam os conceitos de sustentabilidade, onde o manejo

adequado do solo propicia maior infiltração de água, a agricultura vem contribuindo para aumentar a “produção de água” e para a melhoria de sua qualidade. Dessa forma, o milho, uma das principais culturas agrícolas no Brasil e no mundo, tem um papel fundamental a cumprir, que transcende em muito as porteiras da fazenda, e que necessariamente passa pelo planejamento e manejo racionais do solo e da água, baseados em conceitos e tecnologias já existentes. Muitos desses conceitos e tecnologias já vêm sendo praticados há muitos anos, embora, muitas vezes, sejam desconhecidos ou pouco difundidos para a sociedade. Há aqui uma grande oportunidade para que instituições públicas e privadas somem esforços no sentido de uma maior divulgação e utilização desses conceitos e tecnologias.

5.5 Referências

ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C.; PACHECO, E. B. Preparo do solo. **Informe Agropecuário**, Belo horizonte, v. 13, n.1 47, p. 40-45, 1987.

CASTRO, O. M. de. **Preparo do solo para cultura do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 41 p. (Boletim Técnico n. 3).

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Uso da integração lavoura-pecuária na recuperação de pastagens degradadas. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. p. 183-223.

LANDERS, J. N. (Coord). **Fascículo de experiências de plantio direto no cerrado**. Brasília, DF: APDC, 1994. 261 p.

MANTOVANI, E.C. Compactação do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 147, p. 52-55, 1987.

MARQUES, J. J. G. de S. e M.; ALVARENGA, R. C.; CURTI, N.; SANTANA, D. P.; SILVA, M. L. N. Índices de erosividade da chuva, perdas de solo e fator erodibilidade para dois solos da região dos cerrados - primeira aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 427-434, 1997.

SANTANA, D. P.; BAHIA FILHO, A. F. C.; COUTO, L.; BRITO, R. A. L. **Água**: recurso natural finito e insumo estratégico. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. 20 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 16).

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**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 103-106, 1983.

SOUZA, E. R.; FERNANDES, M. R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 207, p. 15-20, nov./dez. 2000.

Capítulo 6

Nutrição e Adubação do Milho

Antônio Marcos Coelho

6.1 Introdução

Nos últimos anos, a cultura do milho, no Brasil, vem passando por importantes mudanças tecnológicas, resultando em aumentos significativos da produtividade e produção. Entre essas tecnologias, destaca-se a melhoria na qualidade dos solos, visando uma produção sustentada, o que requer a conscientização dos produtores sobre a necessidade de promover essa melhoria, a qual está geralmente relacionada ao manejo adequado, que inclui, entre outras práticas, a rotação de culturas, o plantio direto, o manejo da fertilidade, por meio da calagem, da gessagem e da adubação equilibrada com macro e micronutrientes, utilizando fertilizantes químicos e/ou orgânicos (estercos, compostos, adubação verde etc.).

Para que o objetivo do manejo racional da fertilidade do solo seja atingido, é imprescindível a utilização de uma série de instrumentos de diagnose de possíveis problemas nutricionais que, uma vez corrigidos, aumentarão as probabilidades de sucesso na agricultura.

Assim, o agricultor, ao planejar a adubação do milho, deve levar em consideração os seguintes aspectos: a) diagnose adequada dos problemas – análise de solo e histórico de calagem e adubação das glebas; b) quais nutrientes devem ser considerados nesse caso particular (muitos solos têm adequado suprimento de Ca, Mg, etc.); c) quantidades de N, P e K necessárias na semeadura - determinadas pela análise de solo e pelo que foi removido pela cultura; d) qual a fonte, quantidade e quando aplicar N (baseado na produtividade desejada); e) quais nutrientes podem ter problemas nesse solo (lixiviação de nitrogênio em solos arenosos ou se são necessários em grandes quantidades).

6.2 Exigências Nutricionais

Dados médios de experimentos conduzidos na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG, dão uma idéia da extração de nutrientes pelo milho, cultivado para produção de grãos e silagem (Tabela 6.1). Observa-se que a extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio aumenta linearmente com o aumento na produtividade e que a maior exigência do milho refere-se a nitrogênio e potássio, seguindo-se cálcio, magnésio e fósforo.

Com relação aos micronutrientes, as quantidades requeridas pelas plantas de milho são muito pequenas. Para uma produtividade de 9 t de grãos ha⁻¹, são extraídos: 2.100 g de ferro, 340 g de manganês, 400 g de zinco, 170 g de boro, 110 g de cobre e 9 g de molibdênio. Entretanto, a deficiência de um deles pode ter tanto efeito na desorganização de processos metabólicos e redução na produtividade como a deficiência de um macronutriente, como, por exemplo, o nitrogênio.

Tabela 6.1. Extração média de nutrientes pela cultura do milho destinada à produção de grãos e silagem em diferentes níveis de produtividades.

Tipo de exploração	Produtividade (t/ha)	Nutrientes extraídos ¹ (kg/ha)				
		N	P	K	Ca	Mg
Grãos	3,65	77	9	83	10	10
	5,80	100	19	95	17	17
	7,87	167	33	113	27	25
	9,17	187	34	143	30	28
	10,15	217	42	157	32	33
Silagem (matéria seca)	11,60	115	15	69	35	26
	15,31	181	21	213	41	28
	17,13	230	23	271	52	31
	18,65	231	26	259	58	32

¹ Para converter P em P₂O₅; K em K₂O; Ca em CaO e Mg em MgO, multiplicar por 2,29; 1,20; 1,39 e 1,66; respectivamente. Fonte: Coelho & França (1995).

Em milho, os nutrientes têm diferentes taxas de translocação entre os tecidos (colmos, folhas e grãos). No que se refere à exportação dos nutrientes, o fósforo é quase todo translocado para os grãos (77 a 86 %), seguindo-se o nitrogênio (70 a 77 %), o enxofre (60 %), o magnésio (47 a 69 %), o potássio (26 a 43 %) e o cálcio (3 a 7 %). Isso implica que a incorporação dos restos culturais do milho devolve ao solo grande parte dos nutrientes, principalmente potássio e cálcio, contidos na palhada. Quando o milho é colhido para silagem, além dos grãos, a parte vegetativa também é removida, havendo, conseqüentemente, alta extração e exportação de nutrientes (Tabela 6.1). Assim, problemas de fertilidade do solo se manifestarão mais cedo na produção de silagem do que na produção de grãos. Na Figura 6.1, são apresentadas a reciclagem (restituição) e a exportação de nutrientes por milho destinado à produção de grãos e forragem.

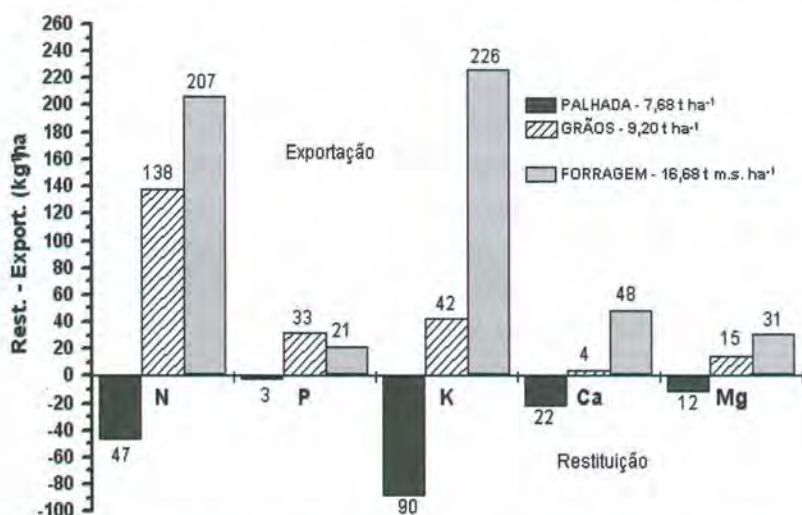


Figura 6.1. Reciclagem (restituição) e exportação de nutrientes pelo milho destinado à produção de grãos e forragem. Fonte: Coelho (2005).

De acordo com os dados apresentados na Figura 6.1, para alcançar produção de 9,20 t de grãos ha^{-1} , a cultura do milho absorveu um total de 185 kg ha^{-1} de N, dos quais 138 kg ha^{-1} (75 %) foram exportados nos grãos e 47 kg ha^{-1} encontravam-se na palhada; 132 kg ha^{-1} de K, dos quais apenas 42 kg ha^{-1} (32 %) foram exportados nos grãos e 90 kg ha^{-1} de K (68 %) encontravam-se na palhada (Figura 6.1). Pode-se afirmar, portanto, que a manutenção dos restos culturais na área, devolve ao solo grande quantidade de K, caracterizando a cultura do milho destinada à produção de grãos como uma “bomba” recicladora de K, com uma reciclagem de 12 kg de K por tonelada de palha. O milho destinado à produção de forragem tem recomendações especiais porque todo material é cortado e removido do campo antes que a cultura complete o seu ciclo. Com isso, a remoção de nutrientes é muito maior quando comparada com a cultura destinada à produção de grãos (Figura 6.1). Essas informações têm implicações na recomendação de adubação tanto para o milho como para as outras culturas semeadas em rotação ou em sucessão a esse cereal. Assim, ao se planejar a adubação para cultura do milho, é importante considerar, além dos resultados das análises de solo, a extração dos nutrientes pela cultura, a finalidade de exploração (grãos ou forragem) e a estimativa do potencial de produtividade a ser alcançado.

6.3 Acidez do Solo, Toxidez de Alumínio e Necessidade de Calagem

As recomendações de calagem objetivam corrigir a acidez do solo e tornar insolúvel o alumínio, o que, aliadas a outras práticas de manejo da fertilidade, têm a função de elevar a capacidade produtiva dos solos. As quantidades de corretivos da acidez do solo são determinadas por diferentes metodologias e visam o

retorno econômico das culturas a médio prazo (quatro a cinco anos). Como a calagem é uma prática que envolve sistemas de rotação e sucessão de culturas, na sua recomendação, deve-se priorizar a cultura mais sensível à acidez do solo.

Entre as espécies cultivadas, o milho é classificado como sendo de tolerância mediana as condições de acidez e toxidez de alumínio. Solos com saturação de alumínio da CTC efetiva (valor m) maior do que 20 % causam limitações no rendimento do milho. Entretanto, deve-se acrescentar que isso depende da ocorrência de déficit hídrico, dos teores de matéria orgânica e fósforo no solo e do híbrido de milho.

Redução na produtividade de híbridos de milho variando de 7 % a 47 %, em função do aumento da saturação de alumínio no solo, foi verificada por Prado (2001), em experimento conduzido em Uberaba, MG, em um Latossolo Vermelho, textura muito argilosa, com quatro anos de plantio direto (Tabela 6.2).

Esses resultados evidenciam que, embora existam materiais genéticos mais tolerantes às condições de acidez, a correção dessa acidez é muito importante ao adequado desenvolvimento do milho. Assim, altas produtividades de milho têm sido possíveis em solos que apresentam perfil de fertilidade no primeiros 40 cm, sem problemas de saturação de alumínio da CTC efetiva maior do que 20 % e saturação de bases de 50 a 60 %.

No Brasil, utilizam-se geralmente os calcários dolomítico e magnésiano, para manter no solo uma relação cálcio/magnésio de 3:1 a 5:1. Entretanto, para a cultura do milho, experimentos realizados por Coelho & Vasconcelos (1996) demonstraram que essa relação pode ser mais ampla ($Ca/Mg = 12/1$), sem prejuízo da produção, desde que o teor de magnésio no solo esteja acima

de 0,5 cmol_c dm⁻³ de solo. Coelho & Vasconcelos (1996) não obtiveram respostas do milho ao magnésio em experimentos realizados em um Latossolo Vermelho, com teor inicial de 0,5 cmol_c de Mg dm⁻³ de solo e que havia recebido doses de até 6 t ha⁻¹ de um calcário calcítico (CaO = 54% e MgO = 0,27%).

Tabela 6.2. Produtividade média de grãos de híbridos de milho em solo com dois níveis de saturação de alumínio da CTC efetiva, na profundidade de 0 a 20 cm.

Híbridos	Produtividade de grãos (t ha ⁻¹)		Redução ¹ (%)
	Sat. Al ³⁺ = 5 %	Sat. Al ³⁺ = 23 %	
<i>P 3071</i>	7,97	4,21	47,18
<i>Z 8474</i>	7,28	4,39	39,70
<i>Exceller</i>	6,49	4,14	36,21
<i>BR 3123</i>	5,81	5,31	8,60
<i>C 333</i>	5,47	5,52	0,00
<i>AG 122</i>	5,36	5,00	6,71
<i>DINA 652</i>	5,34	4,17	21,90
<i>Média</i>	6,25	4,67	25,28
<i>CV (%)</i>	8,70	12,10	

¹Redução na produtividade de grãos em função do aumento na saturação de alumínio. Fonte: modificada de Prado (2001).

6.4 Acumulação de Nutrientes e Manejo da Adubação

Definida a necessidade de aplicação de fertilizantes para a cultura do milho, o passo seguinte, e de grande importância no manejo da adubação, visando à máxima eficiência, é o conhecimento da absorção e acumulação de nutrientes nas diferentes fases de desenvolvimento da planta, identificando as épocas em que os elementos são exigidos em maiores quantidades. Essa informação e o potencial de perdas por lixiviação de nutrientes nos diferentes tipos de solos são fatores importantes a considerar na aplicação parcelada de fertilizantes, principalmente nitrogenados e potássicos.

O milho apresenta períodos diferentes de intensa absorção, com o primeiro ocorrendo durante a fase de desenvolvimento vegetativo, V12 a V18 folhas, quando o número potencial de grãos está sendo definido, e o segundo, durante a fase reprodutiva ou formação da espiga, quando o potencial produtivo é atingido (Figura 6.2). Isso enfatiza que, para altas produtividades, não devem ocorrer estresses durante todos os estádios de desenvolvimento da planta.

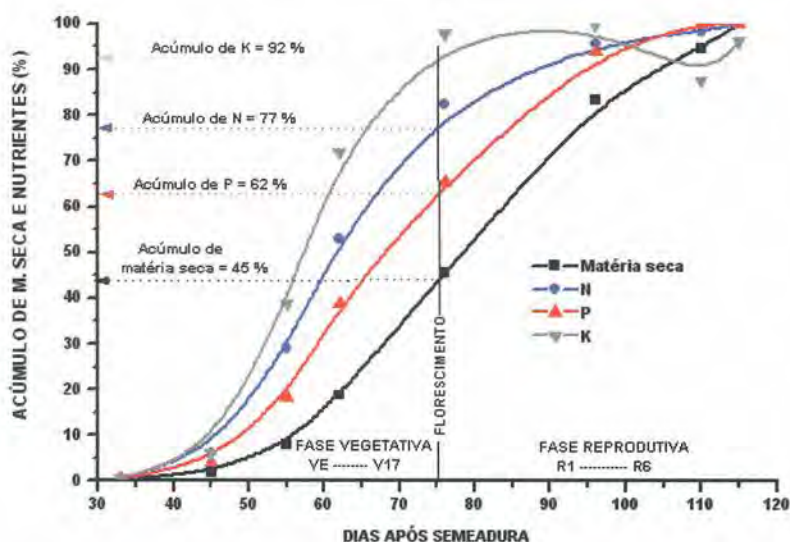


Figura 6.2. Acúmulo de matéria seca, nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea de plantas de milho. Fonte: modificada de Karlen et al. (1987).

A absorção de potássio apresenta um padrão diferente em relação ao nitrogênio e ao fósforo (Figura 6.2), com a máxima absorção ocorrendo no período de desenvolvimento vegetativo, com elevada taxa de acúmulo nos primeiros 30 a 40 dias de de-

envolvimento, com taxa de absorção superior à de nitrogênio e fósforo, sugerindo maior necessidade de potássio na fase inicial, como um elemento de “arranque”. Para o nitrogênio e o fósforo, o milho apresenta dois períodos de máxima absorção durante as fases de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo ou formação da espiga, e menores taxas de absorção no período compreendido entre a emissão do pendão e o início da formação da espiga (Figura 6.2).

6.5 Nitrogênio

O milho é uma cultura que remove grandes quantidades de nitrogênio e usualmente requer o uso de adubação nitrogenada em cobertura para complementar a quantidade suprida pelo solo, quando se desejam produtividades elevadas. Resultados de experimentos conduzidos no Brasil, sob diversas condições de solo, clima e sistemas de cultivo, mostram resposta generalizada do milho à adubação nitrogenada. Em geral, 70 a 90 % dos ensaios de adubação com milho realizados em campo, no Brasil, apresentaram respostas à aplicação de nitrogênio.

6.5.1 Avaliação da necessidade de adubação nitrogenada

Do ponto de vista econômico e ambiental, a dose de N a aplicar é, para muitos, a mais importante decisão no manejo do fertilizante. A crescente adoção do sistema de plantio direto, no Brasil, e a necessidade de utilizar culturas de cobertura e rotação de culturas, visando à sustentabilidade desse sistema, são aspectos que devem ser considerados na otimização da adubação nitrogenada.

As recomendações atuais para a adubação nitrogenada em cobertura são realizadas com base em curvas de resposta, histó-

rico da área e produtividade esperada. A recomendação da adubação nitrogenada em cobertura, para a cultura do milho de sequeiro, de modo geral, varia de 60 a 100 kg de N ha⁻¹. Em agricultura irrigada, onde prevalece o uso de alta tecnologia, para a obtenção de elevadas produtividades, essa recomendação seria insuficiente. Nessas condições, doses de nitrogênio variando de 120 a 160 kg ha⁻¹ podem ser necessárias para a obtenção de elevadas produtividades (Tabela 6.1).

Na tomada de decisão sobre a necessidade de adubação nitrogenada, alguns fatores devem ser considerados, tais como: condições edafoclimáticas, sistema de cultivo (plantio direto e convencional), época de semeadura (época normal e safrinha), responsividade do material genético, rotação de culturas, época e modo de aplicação, fontes de nitrogênio, aspectos econômicos e operacional. Isso enfatiza a regra de que as recomendações de nitrogênio devem ser cada vez mais específicas e não generalizadas.

Dentre as informações requeridas para otimizar essa recomendação, incluem-se: a) a estimativa do potencial de mineralização do N do solo; b) a quantidade de N mineralizado ou imobilizado pela cultura de cobertura; c) o requerimento do N pela cultura, para atingir um rendimento projetado; d) a expectativa da eficiência de recuperação do N disponível das diferentes fontes (solo, resíduo de cultura, fertilizante mineral). A Figura 6.3 ilustra a complexidade envolvida, por exemplo, para recomendação de N para a cultura do milho, baseando-se em informações obtidas em solo sob cerrado.

Como critério para a recomendação, em condições específicas, parece-nos adequado considerar a técnica da estimativa

das necessidades de nitrogênio ilustrada na Figura 6.3, onde temos que:

$$N_f = (N_y - N_s) / E_f$$

Sendo que:

N_f = corresponde à quantidade de nitrogênio requerida pela planta;

N_y = representa a quantidade de nitrogênio que pode ser acumulada na matéria seca da parte aérea da planta (palhada + grãos), para uma determinada produção de grãos (valores variam de 0,7 % de N na palhada a 1,4 % de N nos grãos);

N_s = representa o nitrogênio suprido pelo solo (20 kg de N para cada 1 % de matéria orgânica do solo ou valores que variam de 60 a 80 kg de N ha⁻¹ por cultivo);

E_f = é o fator de eficiência ou aproveitamento do fertilizante pela planta (calculado em função do aumento do conteúdo de nitrogênio da parte aérea por unidade de fertilizante aplicado. Valores variam de 0,5 a 0,7).

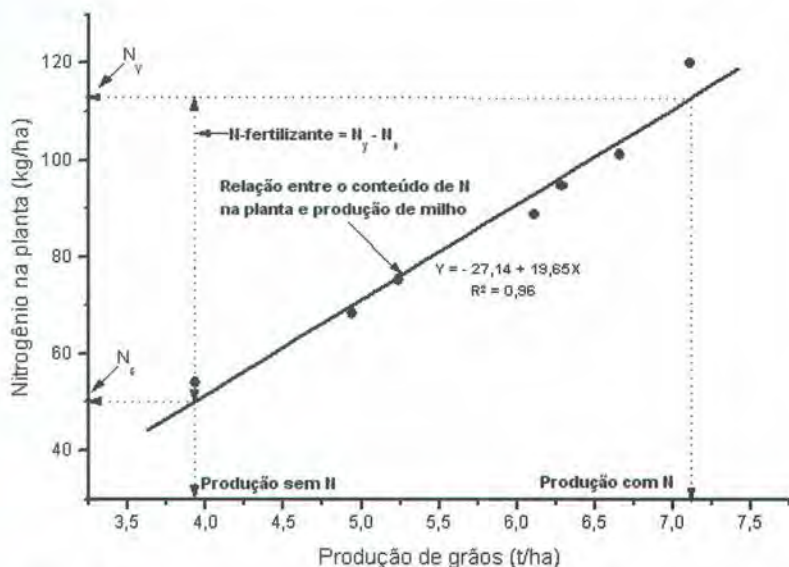


Figura 6.3. Parâmetros envolvidos na estimativa da necessidade de aplicação de fertilizante nitrogenado para a cultura do milho. Fonte: modificada de Coelho et al. (1992).

Por exemplo, utilizando-se esses conceitos, podemos calcular a necessidade de nitrogênio para uma cultura do milho, para uma produtividade estimada de $7,10 \text{ t ha}^{-1}$, em uma área cuja cultura anterior também era o milho, conforme ilustrado na Tabela 6.3.

6.5.2 Parcelamento e época de aplicação

No Brasil, existe o conceito generalizado, entre técnicos e produtores, de que, aumentando-se o número de parcelamento da adubação nitrogenada, aumenta-se a eficiência do uso do nitrogênio e reduzem-se as perdas, principalmente por lixiviação. Como consequência, e devido às facilidades que os sistemas de irrigação oferecem para aplicação de fertilizantes via água, é co-

mum o parcelamento do fertilizante nitrogenado em quatro ou até seis ou oito vezes durante o ciclo da cultura.

Entretanto, experimentos conduzidos no Brasil evidenciaram que a aplicação parcelada de nitrogênio em duas, três ou mais vezes, para a cultura do milho, com doses variando de 60 a 120 kg ha⁻¹, em solos de textura média e argilosa, não refletiram em maiores produtividades em relação a uma única aplicação na fase inicial de maior exigência da cultura, ou seja, 30 a 35 dias após a semeadura. É importante salientar que as informações apresentadas anteriormente foram obtidas em solos de textura argilosa a média, com teores de argila variando de 30 a 60 %, não sendo, portanto, válidas para solos arenosos (80 a 90 % de areia), cujo manejo do nitrogênio irá necessariamente requerer cuidados especiais.

Tabela 6.3. Estimativa da necessidade de adubação nitrogenada para a cultura milho.

Necessidade da cultura para produzir:	
Grãos, 7,10 t ha ⁻¹ x 1,4 % de N	100 kg
Palhada, 7,00 t ha ⁻¹ x 0,7 % de N	49 kg
Total	149 kg
Fornecimento pelo solo:	
20 kg de N por 1 % de M.O. (solo com 3 % de M.O.)	60 kg
Resíduo de cultura, 30 % de N da palhada	15 kg
N aplicado na semeadura	10 kg
Total	85 kg
Necessidade de adubação¹:	
$N_f = (149 - 85)/0,60^*$	110 kg
*fator de eficiência do N = 60 %	

¹Para os plantios em sucessão e/ou em rotação com a cultura da soja, reduzir 20 kg de N ha⁻¹, da recomendação de adubação em cobertura.

Para as condições do Brasil, de acordo com as informações disponíveis, em geral, deve-se usar maior número de parcelamento sob as seguintes condições: a) altas doses de nitrogênio (120 a 200 kg ha⁻¹); b) solos de textura arenosa; c) áreas sujeitas a chuvas de alta intensidade. Uma única aplicação deve ser feita sob as seguintes condições: a) doses baixas ou médias de nitrogênio (60 a 120kg ha⁻¹); b) solos de textura média e/ou argilosa; c) plantio intensivo, sem o uso de irrigação, em que a distribuição do fertilizante é feita mecanicamente. Como exemplo, um esquema de parcelamento do nitrogênio para a cultura do milho, em função da textura do solo, é apresentado na Tabela 6.4.

A alternativa de aplicar todo o N a lanço ou em sulcos, na pré-semeadura do milho, tem despertado grande interesse, porque apresenta algumas vantagens operacionais, como maior flexibilidade no período de execução da adubação, racionalização do uso de máquinas e mão-de-obra. Entretanto, devido à extrema complexidade da dinâmica do nitrogênio no solo, a qual é fortemente influenciada pelas variáveis ambientais, os resultados de experimentos de campo não são consistentes o bastante para que se possa generalizar a recomendação dessa prática. Por outro lado, a aplicação de N em cobertura quase sempre assegura incrementos significativos no rendimento de milho, independente de a precipitação pluvial ser normal ou excessiva, principalmente no período inicial de desenvolvimento da cultura.

Tabela 6.4. Sugestões para aplicações parceladas de nitrogênio em cobertura, na cultura do milho.

Classe textural do solo	Doses de nitrogênio	Número de folhas totalmente emergidas			
	(kg ha ⁻¹)	3 a 4	6 a 7	8 a 10	10 a 12
Argilosa (36 a 60% de argila)	60 a 120 ¹		100 %	-	-
	> 120	50 %	50 %	2	2
Média (15 a 35% de argila)	60 a 120		100 %	-	-
	> 120	50 %	50 %	2	2
Arenosa (< 15% de argila)	60 a 120	50 %	50 %	-	-

¹ Se as plantas apresentarem sintomas de deficiência, pode-se fazer aplicação suplementar de nitrogênio, em período anterior ao indicado. Em milho irrigado por aspersão, a aplicação de nitrogênio via água possibilita maior flexibilidade no número de parcelamento. Aplicar, na semeadura, 30 kg de N ha⁻¹. Fonte: modificada de Coelho et al. (1991).

6.6 Fósforo

Embora as exigências de fósforo pelo milho sejam em quantidades bem menores do que as de nitrogênio e potássio (Tabela 6.1), as doses normalmente recomendadas são altas, em função da baixa eficiência (20 a 30 %) de aproveitamento desse nutriente pela cultura. Isso decorre da alta capacidade de fixação do fósforo adicionado ao solo através de mecanismos de adsorção e precipitação, reduzindo sua disponibilidade às plantas. Outro fator que deve ser levado em conta é a demanda de fósforo pela cultura. Plantas de intenso desenvolvimento, de ciclo curto como o milho, requerem maior nível de fósforo em solução e reposição mais rápida do P-adsorvido que as plantas de culturas perenes.

A análise do solo se mostra útil para discriminar respostas do milho à adubação fosfatada. A interpretação da análise de solo e a recomendação da adubação fosfatada, para milho grão, com base no rendimento esperado, são apresentadas nas Tabelas 6.5 e 6.6. Essas doses devem ser aplicadas no sulco de semeadura e

serem ajustadas para cada situação, levando-se em conta, além dos resultados da análise de solo, o potencial de produção da cultura na região e o nível de tecnologia utilizado pelos agricultores.

Tabela 6.5. Interpretação das classes de disponibilidade de fósforo no solo, de acordo com o teor de argila e disponibilidade de potássio.

Características	Classes de P disponível no solo ¹		
	Baixa	Média ²	Adequada
	----- (mg dm ⁻³) ³ -----		
Argila (%)		P disponível	
60-100	= 5,4	5,5 – 8,0	> 8,0
35-60	= 8,0	8,1 – 12,0	> 12,0
15-35	= 12,0	12,1 – 20,0	> 20,0
0-15	= 20,0	20,1 – 30,0	> 30,0
	Classes de K disponível no solo ¹		
	Baixa	Média	Adequada
	< 75	76 – 100	> 100

¹ Método Mehlich I. ² O limite superior dessa classe indica o nível crítico. ³ mg dm⁻³ = ppm (m/v) classes de K de acordo com Coelho (2005). Fonte: modificada de Alvares et al. (1999).

Tabela 6.6. Recomendação de adubação (hg ha⁻¹) para milho destinado à produção de grãos, com base nos resultados das análises de solo e na produtividade esperada.

Produtividade (t/ha)	Dose de N no plantio	Disponibilidade de P			Disponibilidade de K			Dose de N em cobertura
		Baixa	Média	Adequada	Baixa	Média	Adequada	
		Dose de P ₂ O ₅			Dose de K ₂ O			
4-6	10-30	80	60	30	50	40	20	60
6-8	10-30	100	80	50	70	60	40	100
> 8	10-30	120	100	100	90	80	60	140

Fonte: Alves et al. (1999).

Quando o solo apresentar teores de fósforo acima do nível crítico (Tabela 6.5), ou seja, valor acima do qual não se espera resposta do milho a esse nutriente, a manutenção desse valor é feita pela reposição anual da quantidade removida no produto colhido. Para o milho, considera-se que, para cada tonelada de grãos produzida, são exportados 10 kg de P_2O_5 . Esse mesmo valor pode ser considerado quando se cultiva o milho para produção de silagem, visto que, como mostrado na Tabela 6.1, a exportação de fósforo, quando se cultiva o milho para essa finalidade, é semelhante àquela para a produção de grãos, onde se encontra mais de 80% do fósforo absorvido pela cultura.

6.7 Potássio

Depois do nitrogênio, o potássio é o elemento absorvido em maiores quantidades pelo milho, sendo que apenas, em média, 30% são exportados nos grãos. Até pouco tempo, as respostas ao potássio, em ensaios de campo com o milho, eram, em geral, menos freqüentes e mais modestas que aquelas observadas para fósforo e nitrogênio, devido principalmente aos baixos níveis de produtividade obtidos.

Assim, nos últimos anos, tem-se verificado uma reversão desse quadro, devido aos seguintes aspectos: uso de híbridos de milho de alto potencial produtivo, como a introdução de germoplasmas de clima temperado de porte baixo, de ciclo precoce e maior índice de colheita, permitindo o uso de maior densidade de semeadura; redução do espaçamento e aumento da população de plantas por área para a maioria dos novos híbridos, com maior demanda de nutrientes; sistema de produção utilizado pelos agricultores, como rotação e/ou sucessão soja-milho, uma leguminosa altamente exigente e exportadora de K; uso freqüen-

te de formulações de fertilizantes com baixos teores de K; conscientização dos agricultores da necessidade de recuperação da fertilidade dos solos através do uso de corretivos e fertilizantes, principalmente N; aumento do uso do milho como planta forrageira, altamente exigente e exportadora de K – estima-se que, atualmente, um milhão de hectares são cultivados com milho para produção de forragem; ampliação da área irrigada com o uso intensivo do solo e maiores potenciais de produtividade das culturas.

A exemplo do fósforo, a análise do solo tem se mostrado útil para discriminar respostas do milho à adubação potássica. Aumentos de produção em função da aplicação de potássio têm sido observados para solos com teores muito baixos e com doses de até 120 kg de K_2O ha^{-1} . Nos solos do Brasil Central, a quantidade de potássio disponível é normalmente baixa e a adubação com esse elemento produz resultados significativos. Aumentos de produção de 100% com adição de 120 a 150 kg de K_2O ha^{-1} são comuns nesses solos. A interpretação da análise de solo e a recomendação da adubação potássica, para milho grão, com base no rendimento esperado, são apresentadas nas Tabelas 6.5 e 6.6. As quantidades de potássio recomendadas para o milho destinado à produção de forragem, em função do teor do nutriente no solo, são apresentadas na Tabela 6.7.

Tabela 6.7. Recomendação de adubação (kg ha⁻¹) para milho destinado à produção de forragem, com base nos resultados das análises de solo e na produtividade esperada.

Produtividade de matéria verde (t/ha)	Dose de N no plantio	Disponibilidade de P			Disponibilidade de K			Dose de N em cobertura
		Baixa	Média	Adequada	Baixa	Média	Adequada	
		Dose de P ₂ O ₅			Dose de K ₂ O			
30 – 40	10-30	80	60	30	100	80	40	80
40 – 50	10-30	100	80	50	140	120	80	130
> 50	10-30	120	100	100	180	160	120	180

Em solos com teores de K muito baixos ou para doses de cobertura = 80 kg de K₂O ha⁻¹, é aconselhável transferir a adubação potássica de cobertura para a fase de pré-semeadura, a lanço.

Fonte: Alves et al. (1999).

Na adubação potássica de manutenção para a cultura do milho, em solos em que os teores de potássio “disponível” sejam iguais ou maiores do que o limite superior da classe média (Tabela 6.5), pode-se utilizar o conceito da aplicação da dose de acordo com a quantidade removida no produto colhido. Assim, para produtividades inferiores a 6,0 t de grãos ha⁻¹, tem-se uma exportação média ao redor de 4 kg de K₂O por tonelada de grãos e, para produtividades acima de 8,0 t de grãos ha⁻¹, de 6 kg de K₂O por tonelada de grãos. Quando o milho for destinado à produção de forragem, a extração média é de aproximadamente 13 kg de K₂O por tonelada de matéria seca produzida.

6.7.1 Parcelamento e época de aplicação

Conforme discutido anteriormente, no tópico referente à acumulação de nutrientes e manejo da adubação, a absorção mais intensa de potássio pelo milho ocorre nos estádios iniciais de crescimento (Figura 6.2). Quando a planta acumula 50 % de matéria seca (60 a 70 dias), cerca de 90 % da sua necessidade total de potássio já foi absorvida. Assim, normalmente recomenda-se aplicar o fertilizante no sulco por ocasião da semeadura do milho. Isso é mais importante para solos deficientes, em que a aplicação localizada permite manter maior concentração do nutriente próximo das raízes, favorecendo maior desenvolvimento inicial das plantas.

Entretanto, em anos com ocorrência de déficit hídrico após a semeadura, a aplicação de dose alta de potássio no sulco pode prejudicar a germinação das sementes. Assim, quando o solo for arenoso ou a recomendação exceder 60 kg ha^{-1} de K_2O , deve-se aplicar metade da dose no plantio e a outra metade junto com a cobertura nitrogenada. Entretanto, ao contrário do nitrogênio, em que é possível maior flexibilidade na época de aplicação, sem prejuízos na produção, o potássio deve ser aplicado no máximo até 30 dias após o plantio.

6.8 Enxofre

A extração de enxofre pela planta de milho é pequena e varia de 15 a 30 kg ha^{-1} , para produções de grãos em torno de 5 a 7 t ha^{-1} . Em anos passados, o cultivo do milho em solos ricos em matéria orgânica, o uso de fórmulas de fertilizantes menos concentradas contendo enxofre e os baixos níveis de produtividade contribuíram para minimizar problemas de deficiência desse nutriente. Atualmente, com o uso mais intensivo dos solos e de fór-

mulas de adubos concentrados, sem enxofre, as respostas a esse elemento tendem a aumentar.

O teor de enxofre no solo, na forma de sulfato, tem sido usado para prever respostas a esse elemento. Assim, em solos com teores de enxofre inferiores a 10 ppm (extração com fosfato de cálcio), o milho apresenta grande probabilidade de resposta a esse nutriente. Nesse caso, recomenda-se a aplicação de 30 kg de S ha⁻¹.

As necessidades de enxofre para o milho são geralmente supridas via fornecimento de fertilizantes carregados de macronutrientes primários e também portadores de enxofre. O sulfato de amônio (24 % de enxofre), o superfosfato simples (12 % de enxofre) e o gesso agrícola (15 a 18 % de enxofre) são as fontes mais comuns desse nutriente.

6.9 Micronutrientes

A necessidade de alcançar elevados patamares de produtividade tem levado a uma crescente preocupação com a adubação que contenha micronutrientes. A sensibilidade à deficiência de micronutrientes varia conforme a espécie de planta. O milho tem alta sensibilidade à deficiência de zinco, média à de cobre, ferro e manganês e baixa à de boro e molibdênio.

No Brasil, o zinco é o micronutriente mais limitante à produção do milho, sendo a sua deficiência muito comum na região central do país, onde predominam os solos sob vegetação de cerrado. Nesta condição, a quase totalidade das pesquisas realizadas mostra resposta do milho à adubação com zinco, o mesmo não ocorrendo com os outros nutrientes. As recomendações de adubação com zinco para o milho, no Brasil, variam de 2kg de

Zn ha⁻¹, para solos com Zn (Mehlich I) de 0,6 a 1,0 mg dm⁻³, a 4kg de Zn ha⁻¹, para solos com Zn (Mehlich I) menor que 0,6 mg dm⁻³. Quando a deficiência ocorre com a cultura em desenvolvimento, a correção pode ser feita com pulverização de 400 L ha⁻¹ de solução a 0,5 % de sulfato de zinco, neutralizada com 0,25 % de cal extinta.

Tabela 6.8. Critérios de interpretação de análise de solos para micronutrientes, na região dos Cerrados

Micronutrientes	Disponibilidade no solo		
	Baixa	Média	Alta
	----- mg ^{dm-3} -----		
Boro ¹	< 0,5	0,6 a 1,0	> 1,0
Cobre ²	< 0,8	0,8 a 2,4	> 2,4
Ferro ²	< 5	5 a 12	> 12
Manganês ² a pH 6,0	< 5	5 a 15	> 15
Manganês ² a pH 5,0	< 2	2 a 6	> 6
Zinco ²	< 1	1 a 3	> 3

Extratores: ¹Água quente; ²Mehlich-I.

Com relação aos métodos de aplicação, os micronutrientes podem ser aplicados no solo, na parte aérea das plantas, através da adubação foliar, nas sementes e através da fertirrigação. Em experimentos comparando métodos de aplicação de zinco na cultura do milho, realizados na Embrapa Cerrados, verificou-se maior eficiência da aplicação do sulfato de zinco a lanço, incorporado ao solo, e da pulverização foliar. Entretanto, a aplicação nas sementes, em doses menores, também mostrou-se eficiente na produção de grãos (Tabela 6.9).

Tabela 6.9. Fontes, doses e métodos de aplicação de zinco na cultura do milho em Latossolo Vermelho-Escuro. Planaltina, DF.

Fontes de zinco	Doses de de zinco (Kg ha ⁻¹)	Método de aplicação	Zinco no solo (ppm)	Produção de grãos (t ha ⁻¹)
Sulfato de zinco	0,4	a lanço	0,9	5,48
Sulfato de zinco	0,4	no sulco	0,4	4,91
Sulfato de zinco	1,2	a lanço	1,2	7,36
Sulfato de zinco	1,2	no sulco	1,0	5,89
Sulfato de zinco	3,6	a lanço	1,6	7,41
Óxido de zinco ¹	0,8	nas sementes	0,4	6,16
Sulfato de zinco ²	1 %	Via foliar ²	0,4	7,18
Sulfato de zinco ³	1 %	Via foliar ³	0,4	7,18
Testemunha	-	-	0,3	3,88

¹ Óxido de zinco (80% de Zn): 1 kg de ZnO/20 kg de sementes.

² Solução a 1% de sulfato de zinco (23% de Zn): 3ª e 5ª semanas após a emergência.

³ Solução a 1% de sulfato de zinco (23% de Zn): 3ª, 5ª e 7ª semanas após a emergência.

Fonte: Galvão (1994).

É importante ressaltar que a falta de resposta aos outros micronutrientes pode estar relacionada com níveis adequados de disponibilidade no solo ou com o fornecimento indireto desses, através de outras fontes, como, por exemplo, a aplicação de calcário. Contudo, não se exclui a possibilidade de vir a ocorrer resposta do milho aos demais micronutrientes, principalmente em solos arenosos e com baixos teores de matéria orgânica e cultivos irrigados com altos níveis de produtividade.

Um exemplo típico dessa situação pode estar ocorrendo com o manganês, cuja importância tem se destacado mais pela sua toxicidade do que pela sua deficiência. Entretanto, com a tendência atual em aumentar o uso da aplicação de calcário e sua incorporação incorreta, muito superficial (0 a 10 cm), ou a aplicação na superfície do solo, em sistema de plantio direto, a situação está se invertendo e, em algumas lavouras, sobretudo de soja,

têm surgido problemas de deficiência de manganês. Embora considerado menos sensível à deficiência desse elemento do que a soja, o milho, cultivado na mesma área, no sistema de rotação e sem o manganês nos programas de adubação, poderá apresentar problemas de deficiência, como mostram os resultados apresentados na Tabela 6.10. Nesse experimento, o milho foi plantado em solo anteriormente cultivado com soja e que apresentou sintomas de deficiência de manganês.

Tabela 6.10. Efeito de doses e número de aplicações foliares de manganês ¹, em diferentes estádios de desenvolvimento do milho, na produção de grãos.

Doses de manganês (kg ha ⁻¹)	Época de aplicação		Produção de grãos (t ha ⁻¹)	Peso da espiga (gramas)
	4 Folhas	8 Folhas		
	----- n° de aplicações -----			
0,0	-	-	2,21	89
0,6		-	5,10	143
1,1		-	5,33	144
0,6	-		6,03	168
1,1	-		6,69	182
0,6			8,23	218
1,1			8,40	211

¹Sulfato de manganês diluído em 150 litros de água por hectare. Teor de Mn no solo (extrator Mehlich3) = 2,8 ppm, pH (H₂O) = 6,3. Fonte: Mascagani Jr. & Cox (1984).

6.10 Referências

ALVARES V. V. H.; NOVAES, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendacao para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a. aproximacao.** Vicosa: Comissao de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32

ALVARES V. V.H.; DIAS, L.E.; RIBEIRO, C.A.; SOUZA, R.B. de. Uso de gesso agrícola. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendacao para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a. aproximacao.** Vicosa: Comissao de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 67-78.

ALVES, V. M. C.; VASCONCELLOS, C. A.; FREIRE, F. M.; PITTA, G. V. E.; FRAÇA, G. E.; RODRIGUES FILHO, A.; ARAÚJO, J. M.; VEIRA, J. R.; LOUREIRO, J. E. Milho. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendacao para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a. aproximacao.** Vicosa: Comissao de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 314-316.

COELHO, A.M. O potássio na cultura do milho. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2., 2004, São Pedro, SP. **Anais...** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fostato, 2005. p. 610-658. Editado por Tsuioshi Yamada, Terry L. Roberts.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. de; BAHIA FILHO, A. F. C. Nutrição e adubação do milho forrageiro. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Milho para silagem: tecnologias, sistemas e custo de produção**. Sete Lagoas, 1991. p. 29-73. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 14)

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. de; BAHIA FILHO, A. F. C.; GUEDES, G. A. A. Doses e métodos de aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho sob irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, p. 61-67, 1992.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. de. Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação. 2. ed. aum. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 71, p. 1-9, set. 1995 Arquivo do Agrônomo, Piracicaba, n. 2, p. 1-9, set., 1995. Encarte.

COELHO, A. M.; VASCONCELLOS, C. A. de. Correção da acidez do solo e equilíbrio cálcio/magnésio em cultivos sucessivos de milho e feijão sob irrigação. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRICAÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus. **Resumos expandidos...** Manaus: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. p. 580-581.

GALRÃO, E. Z. Métodos de correção da deficiência de zinco para o cultivo de milho num latossolo vermelho-escuro argiloso sob cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 229-233, 1994.

KARLEN, D. L.; SADLER, E. J.; CAMP, C. R. Dry matter, nitrogen, phosphorus, and potassium accumulation rates by corn on Norfolk Loamy Sand. **Agronomy Journal**, Madison, v. 79, p. 649-656, 1987.

MASCAGNI JUNIOR, H. J.; COX, F. R. Diagnosis and correction of manganese deficiency in corn. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 15, n. 11, p. 1323-1333, 1984.

PRADO, R. M. Saturação por bases e híbridos de milho sob sistema plantio direto. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 391-394, 2001.

Capítulo 7

Cultivares de Milho

José Carlos Cruz
Israel Alexandre Pereira Filho

7.1 Introdução

Sem dúvida alguma, o primeiro passo na produção de uma cultura é a escolha da semente. O rendimento de uma lavoura de milho é o resultado do potencial genético da semente e das condições edafoclimáticas do local de plantio, além do manejo da lavoura. De modo geral, a cultivar é responsável por 50% do rendimento final. Conseqüentemente, a escolha correta da semente pode ser a razão do sucesso ou insucesso da lavoura e a escolha baseada no gosto pessoal, disponibilidade e preço pode não ser a melhor. Em função da oferta do mercado de sementes, pode-se afirmar que existem cultivares adaptadas a qualquer região do país e a qualquer sistema de produção, sendo provavelmente o insumo moderno de uso mais generalizado na cultura do milho. A escolha de cada cultivar deve atender a necessidades específicas, pois não existe uma cultivar superior que consiga atender a todas as situações. Na escolha da cultivar, o produtor deve fazer uma avaliação completa das informações geradas pela pesquisa, assistência técnica, empresas produtoras de sementes, experiências regionais e pelo comportamento de safras passadas. A Embrapa Milho e Sorgo divulga, anualmente, em seu site (<http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/index.php>), uma relação de todas as cultivares de milho disponíveis no mercado brasileiro de sementes. Para a safra 2006/07, houve uma oferta de 275 tipos (cultivares) de milho.

Aspectos relacionados às características da cultivar e do sistema de produção deverão ser levados em consideração, para que a lavoura se torne mais competitiva. O produtor deverá ter em mente os seguintes aspectos: adaptação à região, produtividade e estabilidade, ciclo, tolerância às principais doenças comuns na região, qualidade do colmo e raiz, sanidade, textura e cor do grão.

7.2 Adaptação à região

Um dos primeiros aspectos a serem considerados é a adaptação da cultivar à região. Geralmente, as empresas que comercializam sementes de milho dividem o Brasil em quatro grandes macrorregiões homogêneas de cultivo do milho, que se diferenciam por fatores como altitude, latitude e clima. Essas regiões são: subtropical, formada pelo RS, SC e sul do PR; região de transição, formada pelo norte e oeste do PR, sul de SP, sul do MS e sul de MG; região tropical, formada pelas regiões centro e norte de SP, MG, TO, norte do MS, MT, oeste da BA, parte dos estados do MA e do PI, RJ e ES e região Nordeste.

Os contornos dessas regiões não são rígidos e variam de acordo com os conceitos das firmas produtoras de sementes. É comum a subdivisão por altitudes.

Para efeito do zoneamento agrícola, as cultivares são recomendadas para cada estado.

7.3 Produtividade e estabilidade

O potencial produtivo de uma cultivar é um dos primeiros aspectos considerados pelos agricultores na compra de sua semente. Entretanto, a sua estabilidade de produção, que é determinada em função do seu comportamento em cultivos em diferentes locais e anos, também deverá ser considerada. Cultivares estáveis são aquelas que, ao longo dos anos e dentro de determinada área geográfica, tem menor oscilação de produção, respondendo à melhoria do ambiente (anos mais favoráveis) e não tendo grandes quedas de produção nos anos mais desfavoráveis.

De acordo com o método de melhoramento genético, encontram-se, hoje, no mercado, variedades, híbridos duplos, híbridos triplos e híbridos simples, sendo que os híbridos triplos e simples podem ser do tipo modificado ou não, além de um top cross, resultado do cruzamento de um híbrido simples e uma variedade e dois híbridos intervarietais. No passado, havia grande interesse das empresas produtoras de sementes em divulgar qual tipo de híbrido era uma determinada cultivar. Hoje, verifica-se que várias empresas produtoras de sementes não divulgam essa informação.

A Tabela 7.1 mostra a distribuição percentual das cultivares de milho disponíveis no mercado nas últimas safras, mostrando o dinamismo do mercado de sementes e uma evolução na agricultura brasileira que exige maior necessidade de se aprimorar os sistemas de produção utilizados, para melhor explorar o potencial genético dessas sementes.

Nos últimos anos, tem-se verificado um crescente aumento da disponibilidade de híbridos simples no mercado, que, na safra de 2006/07, já representaram 44% das cultivares disponíveis. Juntos, os híbridos triplos e simples representam 68% do mercado. Deve ser enfatizado que a cultura do milho, no Brasil, apresenta uma taxa de utilização de sementes de 85% (ANUÁRIO ABRASEM, 2006).

As sementes das variedades melhoradas são de menor custo e, com os devidos cuidados na multiplicação, podem ser reutilizadas por alguns anos, sem diminuição substancial da produtividade. São, ainda, de grande utilidade em regiões onde, devido às condições econômico-sociais e de baixa tecnologia, a utilização de milho híbrido torna-se inviável. O preço de um saco de

20Kg de sementes de variedade varia de R\$ 35,00 a R\$ 45,00. No segmento da agricultura familiar e em sistemas de produção orgânica, as variedades são amplamente utilizadas e recomendadas.

Tabela 7.1. Distribuição percentual do número de cultivares de milho disponíveis no mercado nas últimas safras.

<i>Tipo de Cultivar</i>	<i>2002/03</i>	<i>2003/04</i>	<i>2004/05</i>	<i>2005/06</i>	<i>2006/07</i>
<i>Híbridos Simples</i>	34,8	35,7	37,6	40,0	44,0
<i>Híbridos Triplos</i>	31,3	29,7	28,4	25,3	24,0
<i>Híbridos Duplos</i>	20,5	22,4	22,7	22,3	20,7
<i>Variedades</i>	13,4	12,2	11,3	12,4	11,3
<i>Total de cultivares</i>	207	233	230	237	275
<i>Eliminadas / Novas</i>	13 / 25	9 / 35	35 / 32	22 / 29	5/43

Fonte: Cruz et al. (2006)

Os híbridos só têm alto vigor e produtividade na primeira geração (F1), sendo necessária a aquisição de sementes híbridas todos os anos. Se os grãos colhidos forem semeados, o que corresponde a uma segunda geração (F2), dependendo do tipo do híbrido, haverá redução de 15 a 40% na produtividade, perda de vigor e grande variação entre plantas.

Os híbridos simples são potencialmente mais produtivos que os outros tipos, apresentando maior uniformidade de plantas e espigas. São também os mais caros, custando, muitas vezes, acima de R\$ 200,00 o saco de 60.000 sementes, normalmente suficiente para o plantio de um hectare. Os híbridos triplos são também bastante uniformes e seu potencial produtivo é intermediário entre os híbridos simples e duplos. O mesmo ocorre com o preço de suas sementes. Os híbridos duplos são um pouco mais variáveis em características da planta e espiga que os simples e

triplos. O custo da semente dos duplos é mais baixo que o da semente dos simples e triplos.

Essa mesma tendência é verificada quando se analisa a quantidade de semente utilizada (Tabela 7.2).

Tabela 7.2. Percentagem dos diferentes tipos de sementes de cultivares de milho vendidas no Brasil.

Tipo de cultivar	Safrá								
	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	03/04	04/05
<i>H. simples</i>	13,71	14,63	20,39	27,94	30,16	33,70	36,6	41,7	43,6
<i>H. triplo</i>	31,48	30,65	27,62	25,00	27,20	24,62	26,9	25,2	23,2
<i>H. duplo</i>	45,37	46,87	42,81	38,66	34,20	34,21	30,6	29,0	30,4
<i>Variedade</i>	9,44	7,85	9,18	8,40	8,44	7,47	5,9	4,1	2,8

Fonte: Associação Paulista dos Produtores de Sementes - APPS (s/data)

Comparando a safra 1996/97 com a de 2004/05, verifica-se que o milho híbrido simples, em 1996/97, representava 13,71% da área plantada no país, enquanto o triplo representava 31,48% e o milho variedade, 9,44%. Esses valores foram se modificando, sendo que, no ano agrícola de 2004/05, o híbrido simples alcançou mais de 43% da área plantada, com um aumento de 30% em relação à safra 1996/97. Por outro lado, a participação da semente de variedades reduziu sua participação para 2,5% da área plantada. Tal situação confirma o reconhecimento, por parte do agricultor, sobre os benefícios da semente de maior potencial produtivo.

Segundo Peske & Levien (2006), mostrando a grandeza desse efeito, registra-se que a área plantada com milho, na safra de 2004/05, foi de nove milhões de hectares, sendo que, em 3,9 milhões de hectares, utilizaram-se sementes de milho híbrido simples. Essa tendência foi também verificada no plantio da safrinha, na qual, no

mesmo período, a utilização de sementes de milho híbrido simples aumentou até 40% e as variedades diminuíram, de praticamente 8%, em 2000/01, para menos de 1%, em 2004/05. Essa situação pode ser explicada, pois, de acordo com Mundstock & Silva (2006), a evolução da melhoria genética evidencia que, potencialmente, houve ganho genético com o passar do tempo e esse ganho é expresso mesmo em condições de baixo nível de manejo, contrariando um conceito generalizado de que, sob condições de estresse, as populações abertas seriam mais indicadas do que os híbridos.

Os híbridos apresentam características morfo-fisiológicas distintas, como: arquitetura de planta, qualidade do colmo e raiz, sincronismo de florescimento, tolerância a estresses nutricionais, hídricos e climáticos, tolerância às pragas e doenças. Outras características a serem consideradas na escolha da cultivar são:

7.4 Ciclo

O ciclo de uma cultivar pode ser determinado em número de dias da semeadura até o pendoamento, até a maturação fisiológica ou até a colheita. As cultivares de milho são agrupadas, de acordo com o ciclo da planta, em: superprecoce, precoce, semiprecoce e normal.

Tecnicamente, o ciclo de uma cultivar leva em consideração as unidades de calor necessárias para atingir o florescimento. Unidades de calor (UC) são a soma das unidades diárias de calor, a partir da emergência, dada pela fórmula:

$$UC = [(\text{temperatura máxima} + \text{temperatura mínima}) / 2] - 10$$

Em que temperaturas máximas iguais ou maiores que 30°C devem ser consideradas como 30°C, e temperaturas mínimas iguais ou menores que 10°C devem ser consideradas como 10°C.

As cultivares normais apresentam exigência térmica superior a 890 graus-dias (G.D.), as precoces, de 830 a 890 G.D., e as superprecoces, menor do que 830 G.D. Essas exigências calóricas se referem ao comprimento das fases fenológicas compreendidas entre a emergência e o início da polinização. Muitas vezes, as empresas de sementes usam subdividir as cultivares de ciclo normal em normais propriamente ditas e semiprecoces, sem, entretanto, apresentar uma distinção objetiva entre estas duas categorias.

Com relação ao ciclo, há uma predominância das cultivares precoces (60% na safra e 57% na safrinha). Na safra, as cultivares superprecoces representam pouco mais de 20%, sem mudança nos últimos anos, mas, na safrinha, a utilização de materiais superprecoces é superior a 30%. Essa tendência de maior utilização de cultivares superprecoces na safrinha, em relação à safra, deve-se ao risco de seca ou frio no final do ciclo, em determinadas regiões (PESKE & LEVIEN, 2006).

Na safra de 2006/07, 18,2% são classificados como superprecoces e suas exigências térmicas, de acordo com as informações da empresa produtora, variam de 702 a 843 G.D, portanto, dentro dos limites esperados. Cinco cultivares estão sendo classificadas como hiperprecoces pela empresa produtora, e apresentam variação de graus dias de 790 a 800. As cultivares classificadas como precoces representam 66,54% das opções e variam, quanto às suas exigências térmicas, de 731 a 900 G.D. As cultivares semiprecoces representam 10,9% das opções de mercado e

variam de 788 a 978 G.D., enquanto as cultivares normais representam 2,9% do mercado e variam de 860 a 920 G.D. Percebe-se, dessa forma, que as cultivares deverão ser melhor classificadas quanto ao seu ciclo. Utilizando as informações sobre o ciclo da cultivar, independentemente de ser fornecida ou não sua exigência térmica, verifica-se que tanto as variedades quanto os diferentes tipos de híbridos apresentam todas as variações possíveis em seus ciclos.

O agricultor deve ter em mente que essa determinação de ciclo das cultivares não é muito rígida. A diferença entre as cultivares mais tardias e as mais superprecoces pode não chegar a dez dias. Além da classificação não ser rigorosa, uma cultivar classificada como superprecoces pode comportar-se como precoce e vice-versa. Por outro lado, as cultivares apresentam diferentes taxas de secagem após a maturação fisiológica ("dry down"), sendo algumas mais rápidas, o que permite uma colheita mais cedo.

Porém, é importante salientar que a escolha do ciclo adequado da cultivar pode torna-se imprescindível em algumas situações, como sucessão de culturas ou plantios escalonados.

7.5 Tolerância a doenças

As doenças podem ocorrer de forma epidêmica, podendo atingir até 100% das plantas na lavoura. Em áreas de plantio direto, os problemas poderão ser agravados, principalmente com cercosporiose, helmintosporiose e podridões do colmo e espigas. Atualmente, o problema com doenças é sério em algumas regiões do país, especialmente onde a cultura permanece no campo durante todo o ano, como em áreas irrigadas, ou onde o plantio de safrinha é significativo. Nessas situações, é fundamental a escolha de cultivares tolerantes às principais doenças, para evitar

redução de produtividade. A sanidade dos grãos também deve merecer atenção na escolha da cultivar. Essa característica é função principalmente da resistência genética da cultivar aos fungos que atacam o grão e está normalmente associada a um bom empalhamento. Baixa percentagem de espigas doentes e grãos ardidos são características que podem estar incorporadas ao insumo semente e representam valor agregado, pois melhor qualidade de grãos poderá significar maior preço no mercado.

7.6 Qualidade do colmo e raiz

Com o aumento do nível tecnológico na cultura do milho, um fator que deve ser considerado é a resistência da planta ao acamamento e ao quebramento. Embora essas características também sejam afetadas pelo manejo da lavoura, elas variam com a cultivar. Lavouras que serão colhidas mecanicamente deverão ser plantadas com cultivares que apresentam boa qualidade de colmo, evitando, dessa forma, perdas na colheita.

7.7 Textura e cor do grão

As cultivares de milho podem ser agrupadas de acordo com a textura do grão. Os milhos comuns podem apresentar grãos com as seguintes texturas: 1-dentado ou mole ("dent"): os grãos de amido são densamente arranjados nas laterais dos grãos, formando um cilindro aberto que envolve parcialmente o embrião. Na parte central, os grãos de amido são menos densamente dispostos e farináceos.

O grão é caracterizado pela depressão ou "dente" na sua parte superior, resultado da rápida secagem e contração do amido mole; 2-grão duro ou cristalino ("flint"): os grãos apresentam reduzida proporção de endosperma amiláceo em seu interior,

notando-se que a parte dura ou cristalina é a predominante e envolve por completo o amido amiláceo. A textura dura é devido ao denso arranjo dos grãos de amido com proteína. Existem, ainda, os grãos semiduros e os semidentados, que apresentam características intermediárias.

Os grãos mais duros apresentam a vantagem de boa armazenagem e qualidade de germinação. Milhos de grãos mais duros, preferidos pela indústria alimentícia, em algumas situações alcançam preço um pouco superior no mercado, enquanto que os de grãos dentados não são aceitos ou comprados por um preço menor. No entanto, em materiais para produção de milho verde e silagem, grãos dentados são uma característica desejada e frequente.

Além dos aspectos relacionados, as cultivares também se diferenciam em outras características morfo-fisiológicas, como: arquitetura de planta, sincronismo de florescimento, empalhamento, decumbência (percentagem de dobramento de espigas após a maturação), tolerância a estresses de seca e temperatura, tolerância às pragas, tolerância ao alumínio tóxico e eficiência no uso de nutrientes. Todas essas outras características também devem ser consideradas na escolha da cultivar.

7.8 Considerações gerais

Com todas essas considerações, conclui-se que a escolha da cultivar é uma tarefa complexa. O agricultor deverá levar em consideração todas as informações que conseguir junto às empresas produtoras de semente, assistência técnica e pesquisa, de forma a ajustar a semente escolhida ao seu sistema de produção, principalmente levando em consideração que todos os anos novas cultivares são lançadas no mercado.

7.9 Referências

ANUARIO ABRASEM, Brasília, DF: Associação Brasileira de Sementes e Mudas, 2006.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. **Cuidados na escolha da cultivar de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006a. 6 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 133).

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Opções para o verão; recomendadas. **Cultivar**; Grandes Culturas, Pelotas, v. 8, n. 89, set. 2006. Milho. Caderno Técnico Cultivar, Pelotas, n. 89, p. 3-11, set. 2006b. Encarte.

MUNDSTOCK, C. M.; SILVA, P. R. F. da. O cultivo do milho para altos rendimentos. **Seednews**, Pelotas, v. 10, n. 3, p. 22-27, maio/jun. 2006.

OLIVEIRA, I. P. de; ROSA, S. R. A. da; KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; COSTA, J. L. da. **Palhada no Sistema Santa Fé**. Piracicaba: POTAFOS, 2001. p. 6-9 (Informações Agronômicas, 93).

PESKE, S.; LEVIEN, A. Tendências de utilização de sementes de milho por nível tecnológico. **Anuário Abrasem**, Brasília, DF, p. 28, 3. 2006.

Capítulo 8

Manejo da Cultura do Milho

José Carlos Cruz
Israel Alexandre Pereira Filho
Ramon Costa Alvarenga
Miguel M. Gontijo Neto
João Herbert Moreira Viana
Maurílio Fernandes de Oliveira
Derli Prudente Santana

8.1 Introdução

Dentre os cereais cultivados no Brasil, o milho é o mais expressivo, com cerca de 40,8 milhões de toneladas de grãos produzidos, em uma área de aproximadamente 12,55 milhões de hectares (CONAB, 2006), referente a duas safras, normal e safrinha. Por suas características fisiológicas, a cultura do milho tem alto potencial produtivo, já tendo sido obtida produtividade superior a 16 t ha^{-1} , em concursos de produtividade de milho conduzidos por órgãos de assistência técnica e extensão rural e por empresas produtoras de semente. No entanto, o nível médio nacional de produtividade é muito baixo, cerca de 3.250 kg ha^{-1} , demonstrando que os diferentes sistemas de produção de milho deverão ser ainda bastante aprimorados para se obter aumento na produtividade e na rentabilidade que a cultura pode proporcionar.

8.2 Condições climáticas

O período de crescimento e desenvolvimento do milho é limitado pela água, temperatura e radiação solar ou luminosidade. A cultura do milho necessita que os índices dos fatores climáticos, especialmente a temperatura, precipitação pluviométrica e fotoperíodo, atinjam níveis considerados ótimos, para que o seu potencial genético de produção se expresse ao máximo.

8.2.1 Temperatura

A temperatura possui uma relação complexa com o desempenho da cultura, uma vez que a condição ótima varia com os diferentes estádios de crescimento e desenvolvimento da planta.

A temperatura da planta é basicamente a mesma do ambiente que a envolve. Devido a esse sincronismo, flutuações perió-

dicas influenciam os processos metabólicos que ocorrem no interior da planta. Nos momentos em que a temperatura é mais elevada, o processo metabólico é mais acelerado e, nos períodos mais frios, o metabolismo tende a diminuir. Essa oscilação metabólica ocorre dentro dos limites extremos tolerados pela planta de milho, compreendidos entre 10°C e 30°C. Abaixo de 10°C, por períodos longos, o crescimento da planta é quase nulo e, sob temperaturas acima de 30°C, também por períodos longos, durante a noite, o rendimento de grãos decresce, em razão do consumo dos produtos metabólicos elaborados durante o dia. Temperaturas noturnas elevadas, por longos períodos, causam diminuição do rendimento de grãos e provocam senescência precoce das folhas.

A temperatura ideal para o desenvolvimento do milho, da emergência à floração, está compreendida entre 24°C e 30°C. Comparando-se temperaturas médias diurnas de 25°C, 21°C e 18°C, verificou-se que o milho obteve maior produção de matéria seca e maior rendimento de grãos na temperatura de 21°C. A queda do rendimento, sob temperaturas elevadas, deve-se ao curto período de tempo de enchimento de grãos, em virtude da diminuição do ciclo da planta.

A planta de milho precisa acumular quantidades distintas de energia ou simplesmente unidades calóricas necessárias a cada etapa de crescimento e desenvolvimento. A unidade calórica é obtida através da soma térmica necessária para cada etapa do ciclo da planta, desde o plantio até o florescimento masculino. O somatório térmico é calculado através das temperaturas máximas e mínimas diárias, sendo 30°C e 10°C, respectivamente, as temperaturas referenciais para o cálculo. Com relação ao ciclo, as cultivares são classificadas em normais ou tardias, semiprecoces,

precoces e superprecoces. As cultivares normais apresentam exigências térmicas correspondentes a 890-1200 graus-dias (G.D.), as precoces, de 831 a 890, e as superprecoces, de 780 a 830 . Essas exigências calóricas se referem ao cumprimento das fases fenológicas compreendidas entre a emergência e o início da polinização. Dos materiais existentes, hoje, no mercado, 25,25% são classificados como hiperprecoces e superprecoces. As cultivares classificadas como precoces representam 65% e as cultivares semiprecoces e normais representam 14,75 % das opções de mercado, respectivamente.

8.2.2 Umidade do solo

O milho é uma cultura muito exigente em água. Entretanto, pode ser cultivado em regiões onde as precipitações vão desde 250 mm até 5000 mm anuais, sendo que a quantidade de água consumida pela planta, durante seu ciclo, está em torno de 600 mm. O consumo de água pela planta, nos estádios iniciais de crescimento, num clima quente e seco, raramente excede 2,5 mm dia⁻¹. Durante o período compreendido entre o espigamento e a maturação, o consumo pode se elevar para 5 a 7,5 mm diários. Mas se a temperatura estiver muito elevada e a umidade do ar muito baixa, o consumo poderá chegar até a 10 mm dia⁻¹.

A ocorrência de déficit hídrico na cultura do milho pode ocasionar danos em todas as fases. Na fase do crescimento vegetativo, devido ao menor alongamento celular e à redução da massa vegetativa, há uma diminuição na taxa fotossintética. Após o déficit hídrico, a produção de grãos é afetada diretamente, pois a menor massa vegetativa possui menor capacidade fotossintética. Na fase do florescimento, a ocorrência de dessecação dos estilos-estigmas (aumento do grau de protandria), aborto dos sacos em-

brionários, distúrbios na meiose, aborto das espiguetas e morte dos grãos de pólen resultarão em redução no rendimento. Déficit hídrico na fase de enchimento de grãos afetará o metabolismo da planta e o fechamento de estômatos, reduzindo a taxa fotossintética e, conseqüentemente, a produção de fotossimilados e sua translocação para os grãos.

8.2.3 Fotoperíodo

Dentre os componentes climáticos que afetam a produtividade do milho, está o fotoperíodo, representado pelo número de horas de luz solar, o qual é um fator climático de variação sazonal, mas que não apresenta muita variação de ano para ano. O milho é considerado uma planta de dias curtos, embora algumas cultivares tenham pouca ou nenhuma sensibilidade às variações do fotoperíodo.

Um aumento do fotoperíodo faz com que a duração da etapa vegetativa aumente e proporcione também um incremento no número de folhas emergidas durante a diferenciação do pendão e do número total de folhas produzidas pela planta.

Nas condições brasileiras, o efeito do fotoperíodo na produtividade do milho é praticamente insignificante.

8.2.4 Radiação solar

A radiação solar é um dos parâmetros de extrema importância para a planta de milho, sem a qual o processo fotossintético é inibido e a planta é impedida de expressar o seu máximo potencial produtivo. Grande parte da matéria seca do milho, cerca de 90%, provém da fixação de CO_2 pelo processo fotossintético. O milho é uma planta do grupo C_4 , altamente eficiente na utilização

da luz. Uma redução de 30% a 40% da intensidade luminosa, por períodos longos, atrasa a maturação dos grãos ou pode ocasionar até mesmo queda na produção.

Em uma pesquisa avaliando a produção de sementes, verificou-se que o milho semeado em outubro teve redução na produtividade e no rendimento de sementes beneficiadas, quando comparado com a semeadura em março, que apresentou 60% a mais na produtividade e maiores valores no rendimento de beneficiamento nas peneiras 24, 22 e 20 e menores na peneira 18 e no resíduo final. Essa diferença foi atribuída ao fato de o período de enchimento de grãos do milho semeado em outubro ter ocorrido no mês de janeiro, quando se constatou um longo período com alta nebulosidade, com grande frequência de período chuvoso durante o dia, ou seja, com redução na radiação fotossinteticamente ativa, necessária para implementar o processo fotossintético.

8.3 Época de semeadura

O período de crescimento e desenvolvimento é afetado pela umidade do solo, temperatura, radiação solar e fotoperíodo. A época de plantio é função desses fatores, cujos limites extremos são variáveis em cada região agroclimática. A época de semeadura mais adequada é aquela que faz coincidir o período de floração com os dias mais longos do ano e a etapa de enchimento de grãos com o período de temperaturas mais elevadas e alta disponibilidade de radiação solar. Isto, considerando satisfeitas as necessidades de água pela planta. Trabalho de pesquisa mostra que as épocas em que o rendimento de grãos foi maior e mais estável foram aquelas em que os estádios de desenvolvimento de quatro folhas totalmente desenvolvidas e a floração ocorreram sob boas condi-

ções de água no solo. Nas condições tropicais, devido à menor variação da temperatura e do comprimento do dia, a distribuição de chuvas é que geralmente determina a melhor época de semeadura.

No Sul do Brasil, o milho geralmente é plantado de agosto a setembro e, à medida que se caminha para os estados do Centro-Oeste e Sudeste, a época de semeadura varia de outubro a novembro. Resultados de pesquisa mostram que atraso na época de plantio além dos meses de setembro - outubro resulta em redução no ciclo da cultura e no rendimento de grãos. A época de semeadura afeta várias características da planta, ocorrendo um decréscimo mais acentuado no número de espigas por planta (prolificidade) e no rendimento de grãos. Vários resultados da literatura mostram que o atraso na semeadura pode resultar em perdas que podem ser superiores a $60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. Essa tendência pode ser revertida se não houver déficit hídrico e ocorrer uma redução na temperatura do ar, nos meses de fevereiro e março.

Por ser plantado no final da época recomendada, o milho safrinha tem sua produtividade bastante afetada pelo regime de chuvas e por fortes limitações de radiação solar e temperatura, na fase final de seu ciclo. Além disso, como o milho safrinha é plantado após uma cultura de verão, a sua data de plantio depende da época do plantio dessa cultura e de seu ciclo. Assim, o planejamento do milho safrinha começa com a cultura do verão, visando liberar a área o mais cedo possível. Quanto mais tarde for o plantio, menor será o potencial e maior o risco de perdas por seca e/ou geadas.

Hoje, com os avanços dos trabalhos na área de climatologia, o Brasil já tem um zoneamento agrícola (elaborado pelo Ministé-

rio da Agricultura Pecuária e Abastecimento) que fornece informações sobre as épocas de plantio de milho tanto na safra como na safrinha, com menores riscos, para quase todo o país.

Nas regiões onde não ocorrem geadas, o plantio do milho poderá ser feito o ano todo, mas o agricultor deverá levar em consideração as alterações no ciclo da cultura, que afetarão a época de colheita e, conseqüentemente, o calendário agrícola, podendo afetar a época de plantio de culturas subseqüentes, como mostrado na Tabela 8.1. Além disto, o potencial produtivo pode variar de acordo com as condições climáticas resultantes da época de plantio.

Tabela 8.1. Variação do ciclo da cultura de milho em função da época de plantio, para a produção de milho verde.

<i>Época de sementeira</i>	<i>Cultivar</i>		
	Normal	Precoce	Superprecoce
<i>05 de fevereiro</i>	124	117	108
<i>05 de março</i>	134	129	127
<i>06 de abril</i>	145	140	138
<i>05 de maio</i>	139	138	137
<i>08 de junho</i>	138	133	131
<i>09 de junho</i>	146	134	125
<i>12 de agosto</i>	124	119	118
<i>08 de setembro</i>	125	118	115
<i>07 de outubro</i>	115	112	106
<i>08 de novembro</i>	116	112	107
<i>09 de dezembro</i>	115	115	112

Fonte: Sans et al., citados por Pereira Filho & Cruz (1993).

Experimento com milho irrigado, realizado no Rio Grande do Sul, mostrou que os rendimentos de grãos foram, em média, 15% e 48% inferiores na semeadura de agosto e dezembro, respectivamente, em relação à de outubro. Essas diferenças foram atribuídas a alterações na quantidade de radiação solar disponível, em decorrência da época de plantio. No plantio em dezembro, a alta percentagem de plantas estéreis pode também ter contribuído para o baixo rendimento de grãos.

8.4 Profundidade de semeadura

A profundidade de semeadura está condicionada aos fatores temperatura do solo, umidade e tipo de solo. A semente deve ser colocada numa profundidade que possibilite um bom contato com a umidade do solo. Entretanto, a maior ou menor profundidade de semeadura vai depender do tipo de solo. Em solos mais pesados, com drenagem deficiente ou com fatores que dificultam o alongamento do mesocótilo, dificultando a emergência de plântulas, as sementes devem ser colocadas entre 3 e 5 cm de profundidade. Já em solos mais leves ou arenosos, as sementes podem ser colocadas mais profundas, entre 5 e 7 cm de profundidade, para se beneficiarem do maior teor de umidade do solo.

No sistema plantio direto, onde há sempre um acúmulo de resíduos na superfície do solo, especialmente em regiões mais frias, a cobertura morta retarda a emergência, reduz o estande e, em alguns casos, pode até causar queda no rendimento de grãos da lavoura, dependendo da profundidade em que a semente foi colocada. A Tabela 8.2 mostra o efeito da profundidade de semeadura sobre a emergência, o vigor e a duração do período de emergência na cultura do milho.

Contrário a uma crença popular, a profundidade de semeadura tem influência mínima na profundidade do sistema radicular definitivo, que se estabelece logo abaixo da superfície do solo.

Tabela 8.2. Percentagem de emergência, vigor e duração do período de germinação de sementes de milho, em diferentes profundidades.

Profundidade (cm)	Emergência (%)	Vigor¹	Duração média (dias)
2.5	100.0	3.0	8.0
5.0	97.5	3.0	10.0
7.5	97.5	3.0	12.0
10.0	80.0	2.5	15.0
12.5	32.5	0.7	18.0

Fonte: Adaptado de Fagundes (1975), citado por Bresolin (1993).

¹Vigor aos 22 dias após semeadura. Notas: 3.0 para o máximo vigor a zero para mínimo vigor.

8.5 Densidade de plantio

A densidade de plantio, ou estande, definida como o número de plantas por unidade de área, tem papel importante no rendimento de uma lavoura de milho, uma vez que pequenas variações na densidade têm grande influência no rendimento final da cultura.

O milho é a gramínea mais sensível à variação na densidade de plantas. Para cada sistema de produção, existe uma população que maximiza o rendimento de grãos. A população ideal para maximizar o rendimento de grãos de milho varia de 30.000 a 90.000 plantas.ha⁻¹, dependendo da disponibilidade hídrica, da fertilidade do solo, do ciclo da cultivar, da época de semeadura e do

espaçamento entre linhas. Vários pesquisadores consideram o próprio genótipo como principal determinante da densidade de plantas. O aumento da densidade de plantas até determinado limite é uma técnica usada com a finalidade de elevar o rendimento de grãos da cultura do milho. Porém, o número ideal de plantas por hectare é variável, uma vez que a planta de milho altera o rendimento de grãos de acordo com o grau de competição intra-específica proporcionado pelas diferentes densidades de planta.

O rendimento de uma lavoura aumenta com a elevação da densidade de plantio, até atingir uma densidade ótima, que é determinada pela cultivar e por condições externas resultantes de condições edafoclimáticas do local e do manejo da lavoura. A partir da densidade ótima, quando o rendimento é máximo, aumento na densidade resultará em decréscimo progressivo na produtividade da lavoura. A densidade ótima é, portanto, variável para cada situação e, basicamente, depende de três condições: cultivar, disponibilidade hídrica e do nível de fertilidade de solo. Qualquer alteração nesses fatores, direta ou indiretamente, afetará a densidade ótima de plantio.

Além do rendimento de grãos, o aumento da densidade de plantio também afeta outras características da planta. Dentre essas características, merecem destaque a redução no número de espigas por planta (índice de espigas) e o tamanho da espiga. Também o diâmetro do colmo é reduzido e há maior susceptibilidade ao acamamento e ao quebramento. Além disso, é reconhecido que pode haver um aumento na ocorrência de doenças, especialmente as podridões de colmo, com o aumento na densidade de plantio. Esses aspectos podem determinar o aumento de perdas na colheita, principalmente quando esta é mecanizada. Por essas razões, às vezes deixa-se de recomendar densidades maiores, que,

embora em condições experimentais, apresentam maiores rendimentos, não são aconselhadas em lavouras colhidas mecanicamente.

A densidade de plantio, dentre as técnicas de manejo cultural, é um dos parâmetros mais importantes. Geralmente, a causa dos baixos rendimentos de milho é o baixo número de plantas por área. Entretanto, para que haja um aumento da produtividade, é necessário que vários outros fatores, como o nível de fertilidade do solo, o nível de umidade e as cultivares estejam em consonância com o número de plantas por área. Em termos genéricos, verifica-se que cultivares precoces (ciclo mais curto) exigem maior densidade de plantio, em relação a cultivares tardias, para expressarem seu máximo rendimento. A razão dessa diferença é que cultivares mais precoces, geralmente, possuem plantas de menor altura e menor massa vegetativa. Essas características morfológicas determinam um menor sombreamento dentro da cultura, possibilitando, com isto, menor espaçamento entre plantas, para melhor aproveitamento de luz. Mesmo dentre os grupos de cultivares (precoces ou tardios), há diferenças quanto à densidade ótima de plantio.

Uma análise de mais de 270 cultivares de milho comercializadas na safra 2006/07 mostra que as variedades são indicadas para plantios com densidades variando de 40.000 a 50.000 plantas por hectare, o que é coerente com o menor nível de tecnologia dos sistemas de produção empregados pelos agricultores que usam esse tipo de cultivar. As faixas de densidades mais freqüentemente recomendadas para os híbridos duplos variam de 45 a 55 mil, havendo casos de recomendação até de 65 mil plantas por ha. Para os híbridos triplos e simples, é freqüente a densidade de 50 a 60 mil plantas por hectare, havendo casos de

recomendação de até 80 mil plantas por ha. Deve ser ressaltado, entretanto, que apenas 23 cultivares são recomendadas com densidades de plantio igual ou maior do que 70 mil plantas por hectare. A maioria das empresas já recomenda densidades de plantio em função da região, da altitude e da época de plantio. Além disso, já existem empresas recomendando a densidade em função do espaçamento, o que representa uma evolução. Dados de pesquisa mostram vantagens do espaçamento reduzido (45 a 50 cm entre fileiras) comparado ao espaçamento convencional (80 a 90 cm), especialmente quando se utilizam densidades de plantio mais elevadas.

O surgimento de novas cultivares de milho de ciclo mais curto, estatura reduzida, menor número de folhas e folhas mais eretas aumentou o potencial de resposta da cultura à densidade de plantas.

O aumento e o arranjo da população de plantas podem contribuir para a correta exploração do ambiente e do genótipo, com conseqüências no aumento do rendimento de grãos. O arranjo de plantas pode ser manipulado basicamente por meio de alterações na densidade de plantas e no espaçamento entre fileiras.

A interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pelo dossel exerce grande influência sobre o rendimento de grãos da cultura do milho, quando outros fatores ambientais são favoráveis. Uma forma de aumentar a interceptação de radiação e, conseqüentemente, o rendimento de grãos, é mediante a escolha adequada do arranjo de plantas. Teoricamente, o melhor arranjo de plantas de milho é aquele que proporciona distribuição mais uniforme de plantas por área, possibilitando melhor utilização de luz, água e nutrientes.

Atualmente, a redução no espaçamento entre linhas e o aumento da densidade de plantio é uma realidade na cultura de milho, no Brasil, encontrando-se, no mercado, inclusive, plataformas adaptáveis às colhedoras que realizam a colheita em espaçamentos de até 0,45 m.

Com relação à disponibilidade hídrica e à disponibilidade de nutrientes, observa-se que a densidade deve ser aumentada sempre que esses fatores forem otimizados, para que seja atingido o máximo rendimento de grãos.

Em situações de áreas irrigadas, ou quando não há restrições hídricas, é aconselhável usar o limite superior da faixa da densidade recomendada. Um fator importante quando se usa alta densidade de plantio é assegurar que a cultivar usada apresenta grande resistência ao acamamento e ao quebramento.

De forma análoga ao suprimento hídrico, quanto maior for a disponibilidade de nutrientes para as plantas, seja pela fertilidade natural do solo ou por adubação, maior será a densidade para se alcançar o máximo rendimento. As interações mais frequentes entre o nível de fertilidade e a densidade de semeadura se dão principalmente com a adubação nitrogenada.

8.6 Espaçamento entre fileiras

Ainda é muito variado o espaçamento entre fileiras de milho nas lavouras, embora seja nítida a tendência de sua redução.

Entre as vantagens potenciais da utilização de espaçamentos mais estreitos, podem ser citados o aumento do rendimento de grãos, em função de uma distribuição mais equidistante de plantas na área, aumentando a eficiência de utilização de luz solar, água e

nutrientes, melhor controle de plantas daninhas, devido ao fechamento mais rápido dos espaços disponíveis, diminuindo, dessa forma, a duração do período crítico das plantas daninhas, redução da erosão, em consequência do efeito da cobertura antecipada da superfície do solo, melhor qualidade de plantio, por meio da menor velocidade de rotação dos sistemas de distribuição de sementes e maximização da utilização de plantadoras, uma vez que diferentes culturas, como, por exemplo, milho e soja, poderão ser plantadas com o mesmo espaçamento, permitindo maior praticidade e ganho de tempo. Tem sido também mencionado que os espaçamentos reduzidos permitem melhor distribuição da palhada de milho sobre a superfície do solo, após a colheita, favorecendo o sistema de plantio direto.

Diversos trabalhos têm mostrado tendência de maiores produções de grãos em espaçamentos mais estreitos (45 e 50 cm), principalmente com os híbridos atuais, que são de porte mais baixo e arquitetura mais ereta. Essa redução no espaçamento resulta também em maior peso de grãos por espiga. Esse comportamento se deve ao fato de os milhos atuais terem características de porte mais baixo, melhor arquitetura foliar e menor massa vegetal, o que permite cultivos mais adensados em espaçamentos mais fechados. Devido a essas características, esses materiais exercem menores índices de sombreamento e captam melhor a luz solar.

Uma avaliação de diferentes cultivares de milho, espaçamento e densidade de plantio mostrou que o rendimento de grãos cresceu com o aumento da densidade de plantio, em ambos os espaçamentos (reduzido e normal), demonstrando que poderia se aumentar ainda mais a produtividade com o aumento na densidade de plantio; entretanto, no espaçamento de 0,50 m entre fileiras, a produtividade apresentou maior ampliação quan-

do se passou de 40.000 plantas. ha⁻¹ para 77.500 plantas.ha⁻¹ do que no espaçamento de 0,80 m, indicando que a redução de espaçamento é mais vantajosa quando se utilizam maiores densidades de plantio, comprovando mais uma vez que o benefício das linhas mais estreitas aumenta à medida que aumenta a população de plantas.

Quando se pensa em diminuir o espaçamento entre linhas e/ou aumentar a densidade de plantas por área, a escolha do híbrido deve ser criteriosa. Geralmente, os híbridos ou as variedades de porte alto e ciclo longo produzem bastante massa e quase sempre não proporcionam um bom arranjo das plantas dentro da lavoura e, por essa razão, já no início do crescimento é prejudicada a captação da luz. Os híbridos de menor porte, mais precoces, desenvolvem pouca massa vegetal, com menor quantidade de auto-sombreamento, o que proporciona maior penetração da luz solar. Essas plantas permitem cultivo em menores espaçamentos e maiores densidades.

Uma das dificuldades para o uso de espaçamentos mais estreitos eram as colheitadeiras, que, muitas vezes não se adaptavam a essa situação. No entanto, hoje, com a evolução do parque de máquinas agrícolas, esse problema já não existe.

8.7 O milho em sistema de plantio direto

Em termos de modernização da agricultura brasileira, a utilização do sistema de plantio direto é uma realidade inquestionável e a participação da cultura do milho em sistemas de rotação e sucessão (safrinha) de culturas, para assegurar a sustentabilidade de sistemas de plantio direto, é fundamental. A área plantada no sistema de plantio direto tem aumentado rapidamente, no Brasil, principalmente nos últimos anos. Estima-se que, hoje, o sistema

de plantio direto cubra mais de 25 milhões de hectares, ou seja, cerca de 50% da área com culturas anuais no país. O sistema de plantio direto consolidou-se como uma tecnologia conservacionista, largamente aceita entre os agricultores, havendo sistemas adaptados a diferentes regiões e aos diferentes níveis tecnológicos, do grande ao pequeno agricultor que usa a tração animal. Requer cuidados na implantação, mas, depois de estabelecido, seus benefícios se estendem não apenas ao solo e, conseqüentemente, ao rendimento das culturas e à competitividade dos sistemas agropecuários, mas, também, devido à drástica redução da erosão, reduz o potencial de contaminação do meio ambiente e dá ao agricultor maior garantia de renda, pois a estabilidade da produção é ampliada, em comparação aos métodos tradicionais de manejo de solo. Por seus efeitos benéficos sobre os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, pode-se afirmar que o plantio direto é uma ferramenta essencial para se alcançar a sustentabilidade dos sistemas agropecuários.

A cultura do milho tem a vantagem de deixar uma grande quantidade de restos culturais que, uma vez bem manejados, podem contribuir para reduzir a erosão e melhorar o solo. Desta forma, sua inclusão em um esquema de rotação é fundamental. A sustentabilidade de um sistema de produção não está apoiada apenas em aspectos de conservação e preservação ambiental, mas também nos aspectos econômicos e comerciais.

8.7.1 Rotação de culturas

A rotação envolvendo as culturas da soja e do milho merece especial atenção, devido às extensas áreas que essas duas culturas ocupam e ao efeito benéfico em ambas as culturas. Nessa rotação, como se observa na Tabela 8.3, o milho plantado após a

soja produziu cerca de 9% mais e a soja plantada após o milho produziu 5 e 15% mais, quando comparados com os plantios contínuos.

Existem experimentos demonstrando os efeitos benéficos do milho se estendendo até ao segundo ano da soja plantada após a rotação (Tabela 8.4). Nesse exemplo, a soja produziu 20,3% mais no primeiro ano após o milho e 10,5% no segundo. Essa diferença foi atribuída, além da menor incidência de pragas e doenças, à maior quantidade de nutrientes deixados pela palha do milho, principalmente o potássio, que é muito exigido pela soja. Na escolha de uma rotação de culturas, especial atenção deve ser dada às exigências nutricionais das espécies escolhidas e à sua capacidade de extrair nutrientes do solo, no que a soja e milho se complementam satisfatoriamente.

Tabela 8.3. Efeito da rotação soja-milho sobre o rendimento dessas culturas.

<i>Rotação</i>	<i>Rendimento (kg ha⁻¹)</i>	
<i>Milho após milho</i>	9.680 (100%)	6.160 (100%)
<i>Milho após soja</i>	10.520 (109%)	6.732 (109%)
<i>Soja após soja</i>	3.258 (100%)	2.183 (100%)
<i>Soja após milho</i>	3.425 (105%)	2.517 (115%)

Fonte: Adaptado de Cruz (1982) e de Muzilli (1981), citado por Derpsch (1986)

Na implantação e na condução de um sistema eficiente de plantio direto, é indispensável que o esquema de rotação de culturas promova, na superfície do solo, a manutenção permanente de uma quantidade mínima de palhada, que nunca deverá ser inferior a 2,0 t ha⁻¹ de matéria seca. Como segurança, recomenda-se que sejam adotados sistemas de rotação que produzam, em média, 6,0 t ha⁻¹ ano⁻¹ ou mais de matéria seca. A cultura do milho, de ampla adaptação a diferentes condições, tem ainda a vantagem

de deixar uma grande quantidade de restos culturais, que, uma vez bem manejados, podem contribuir para reduzir a erosão e melhorar o solo.

Tabela 8.4. Rendimento de grãos de soja, em kg ha⁻¹, no primeiro e segundo anos após milho, comparado ao rendimento da soja sem rotação, conduzidos em sistema de plantio direto.

Tratamentos	1987/88	1988/89	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	Média
1º ano após milho	1.838	3.366	3.980	1.883	4.456	4.691	2.746	3.280
2º ano após milho	1.499	3.234	3.730	1.716	4.340	3.979	2.589	3.012
Sem milho	1.440	3.180	3.724	1.136	3.663	3.565	2.378	2.727

Adaptado de Ruedell (1995)

No sul do Brasil, devido às condições climáticas mais favoráveis, há maiores opções de rotação de culturas, envolvendo tanto as culturas de verão como as de inverno. No Brasil Central, as condições climáticas, com quase total ausência de chuvas entre os meses de maio e agosto, dificultam a existência de cultivos de inverno, exceto em algumas áreas com microclima adequado ou com agricultura irrigada. Essa situação dificulta ou deixa poucas opções para o estabelecimento de culturas comerciais ou mesmo culturas de cobertura, isto é, culturas cuja finalidade principal é aumentar o aporte de restos culturais sobre a superfície do solo, exigindo que essas tenham características peculiares, como um rápido desenvolvimento inicial e maior tolerância à seca.

8.7.2 Culturas de cobertura

No início do sistema de plantio direto, é importante priorizar a cobertura e o perfil de fertilidade do solo, principalmente se as áreas apresentarem um certo grau de degradação. Durante o seu crescimento e desenvolvimento, as espécies de cobertura contribuem efetivamente para a proteção do solo, bem como para a manutenção de seus resíduos vegetais (palhada) na superfície do solo. A cobertura vegetal (viva ou morta) representa a essência do Sistema de Plantio Direto-SPD, pois tem efeito na interceptação das gotas de chuva, evitando o impacto direto sobre a superfície do solo, reduzindo a desagregação das partículas, que é a fase inicial do processo erosivo, reduz a velocidade de escorrimento das enxurradas, melhora ou mantém a capacidade de infiltração de água, reduzindo o efeito da desagregação do solo, e evitando o selamento superficial, provocado pela obstrução dos poros com partículas finas desagregadas. Além disso, protege o solo da radiação solar, diminui a variação térmica do solo, reduzindo a evaporação de água e favorecendo o desenvolvimento de microorganismos, além de ajudar no controle de plantas daninhas.

Dentre as espécies utilizadas como cultura de cobertura, algumas merecem destaque, por seus benefícios físico-químicos ao solo, entre elas a aveia-preta, a ervilhaca-peluda e o nabo-forrageiro, como plantas antecessoras de inverno.

As culturas de milho e da aveia integradas e de forma planejada, no sistema de rotação, proporcionam alto potencial de produção de fitomassa, com elevada relação C/N, garantindo a manutenção de cobertura do solo, dentro da quantidade mínima preconizada e por maior tempo de permanência na superfície.

Diversos trabalhos de pesquisa relatam o efeito de culturas de cobertura sobre a produtividade e a resposta à adubação nitrogenada, na cultura do milho. O uso generalizado do sistema de plantio direto e de culturas de cobertura, no sul do País, criou a necessidade de recomendação da adubação nitrogenada para a cultura do milho adaptada a esse novo cenário.

No Brasil Central, as condições climáticas, com quase total ausência de chuvas entre os meses de maio e agosto, dificultam os cultivos de inverno, exceto em algumas áreas com microclima adequado ou com agricultura irrigada. Essa situação dificulta ou deixa poucas opções para o estabelecimento de culturas comerciais ou mesmo culturas de cobertura, isto é, culturas cuja finalidade principal é aumentar o aporte de restos culturais sobre a superfície do solo, exigindo que estas tenham características peculiares, como um rápido desenvolvimento inicial e maior tolerância à seca.

Em regiões de clima tropical, temperatura e umidade elevadas favorecem a rápida decomposição dos resíduos vegetais, dificultando a formação de uma camada adequada de cobertura morta. Além do aumento na velocidade de decomposição do material vegetal, provocada pelas altas temperaturas, as culturas anuais não produzem quantidade suficiente de fitomassa, sendo rapidamente metabolizada pelos microrganismos do solo. Sem cobertura, o solo se adensa mais facilmente, retém menor quantidade de água, atinge facilmente altas temperaturas e fica mais suscetível à erosão, comprometendo o sistema. Portanto, na seleção de espécies destinadas à cobertura do solo em Sistema de Plantio Direto-SPD, deve-se levar em consideração a quantidade e a qualidade dos resíduos vegetais, bem como sua capacidade de reciclagem de nutrientes, com impacto direto nos atributos químicos, físicos

e biológicos do solo e na resposta das culturas subseqüentes em Sistema de Plantio Direto-SPD.

Pesquisa com várias opções de rotação de culturas de verão (safra normal) e de safrinha, na região de Rio Verde, GO, mostrou que as maiores produtividades de milho ocorrem sobre as palhadas de algodão, girassol, guandu e nabo forrageiro, enquanto que, para a cultura da soja, as melhores respostas foram sobre as palhadas de milho, aveia, sorgo e milheto.

Hoje, sistemas de integração lavoura-pecuária envolvendo culturas e forrageiras, principalmente as braquiárias, apresentam essas condições e representam uma excelente alternativa envolvendo a cultura do milho e o sistema em plantio direto.

Um exemplo é o Sistema Santa Fé. Nesse sistema, quando as condições climáticas permitem, cultivam-se seqüencialmente uma a duas culturas solteiras por ano e uma última, a safrinha, consistindo de um consórcio de uma cultura com uma gramínea forrageira. A exploração agrícola, nessas condições, caracteriza-se por um cultivo solteiro no início da estação chuvosa, seja soja, milho, ou arroz, e um cultivo de safrinha de milho ou sorgo associado a uma forrageira, comumente a *Brachiaria brizantha*. Geralmente, utiliza-se como cultura de safrinha o milho, sorgo ou milheto, também em plantio direto. Como resultado, têm-se, a partir do segundo ano ou mais de cultivo, solos agricultáveis corrigidos, com altos níveis de fertilidade e fisicamente estruturados. Essas áreas, inicialmente de fertilidade comprometida, passam a apresentar altos teores de matéria orgânica, baixos níveis de acidez e elevada infiltração de água no solo, em relação às áreas onde ainda se utilizam práticas de cultivo tradicionais. Outro enfoque do Sistema Santa Fé é sua implantação anual, em regiões onde as

condições climáticas não permitem a safrinha, consistindo no cultivo consorciado de culturas anuais como milho, sorgo e milheto, com espécies forrageiras, principalmente as braquiárias, em áreas agrícolas, em solos parcial ou devidamente corrigidos. As práticas que compõem o sistema minimizam a competição precoce da forrageira, evitando redução do rendimento das culturas anuais, permitindo, após a colheita destas, uma produção forrageira abundante e de alta qualidade para a alimentação animal, além de palhada em quantidade e qualidade para a realização do plantio direto na safra seguinte. Esse assunto será melhor discutido em capítulo sobre integração lavoura-pecuária.

8.7.4 Milho safrinha x sistema de plantio direto

A implantação do milho safrinha, no final do período chuvoso, deixa o agricultor na expectativa de ocorrência de déficit hídrico durante o ciclo da cultura. Assim, toda estratégia de manejo do solo deve levar em consideração propiciar maior quantidade de água disponível para as plantas. Nesse caso, sempre que possível, deve-se optar pelo sistema de plantio direto, pois oferece maior rapidez nas operações, principalmente no plantio realizado simultaneamente à colheita, permitindo o plantio o mais cedo possível. Além disso, um sistema de plantio direto, com adequada cobertura da superfície do solo, permitirá o aumento da infiltração da água no solo e a redução da evaporação, com conseqüente aumento no teor de água disponível para as plantas. Em algumas áreas de plantio direto, já se constatou aumento do teor de matéria orgânica do solo, afetando a curva de retenção de umidade e aumentando ainda mais o teor de umidade para as plantas.

Embora exista uma grande diversidade de preparo de áreas para o cultivo do milho na segunda safra, predomina o emprego

do plantio direto permanente (PDP) ou temporário (PDT), visando antecipar a implantação do milho "safrinha". No preparo direto temporário, realiza-se a semeadura direta do milho "safrinha" e o preparo convencional para a soja. Nesse caso, no verão, tem sido freqüente o preparo com grades.

Em áreas com grande infestação de plantas daninhas, no momento da colheita da soja, e quando o agricultor não dispõe de máquina para semeadura direta, utiliza-se o preparo com grades no outono-inverno. Uma desvantagem da grade aradora é que provoca grande pulverização do solo. Além disso, o uso da grade continuamente no verão e na safrinha, por anos sucessivos, pode provocar a formação do "pé-de-grade", uma camada compactada logo abaixo da profundidade de corte da grade, a 10-15 cm. Essa camada reduz a infiltração de água no solo, o que, por sua vez, irá favorecer maior escoamento superficial e, conseqüentemente, a erosão do solo e a redução da produtividade do milho safrinha (Tabela 8.5).

Tabela 8.5. Rendimento de grãos da soja e do milho "safrinha", em latossolo roxo, em Tarumã, SP, no ano agrícola 1995/96, após dez anos de implantação de sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Rendimento de grãos			
	Safrina de soja		Safrinha de milho	
	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%
<i>Grade aradora/ Grade aradora</i>	2.579	78	4.678	77
<i>Esc. mais niveladora/G. niveladora</i>	3.130	94	5.404	89
<i>Esc. + G. niveladora/ semeadura na palha</i>	3.144	95	5.682	94
<i>Sistema plantio direto.</i>	3.310	100	6.046	100

Fonte: DeMaria et al. (1999)

8.8 Considerações gerais

A cultura do milho, por sua versatilidade, adapta-se a diferentes sistemas de produção. Devido à grande produção de fitomassa de alta relação C/N, a cultura é fundamental em programas de rotação de culturas em sistemas de plantio direto. Embora o milho apresente alto potencial de produção, comprovado nos concursos de produtividade e por agricultores que utilizam alto nível tecnológico, o seu rendimento, no Brasil, ainda é muito baixo. Levando, ainda, em consideração a qualidade e o potencial da semente de milho disponível, com predominância dos híbridos simples, verifica-se que é fundamental um aperfeiçoamento dos sistemas de produção para que esses materiais possam expressar ao máximo seu potencial genético, alcançando altas produtividades em sistema de produção sustentáveis.

8.9 Referências

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho : análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001.

BRESOLIN, M. A semeadura do milho no RS. In: BRESOLIN, M. (Coord.). **Contribuições a cultura do Milho para o Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Fundação de Ciência e Tecnologia, 1993. p. 44-69

COELHO, A. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Rendimento do milho no Brasil: chegamos ao máximo? **Informações Agromômicas**, Piracicaba, n. 101, março. 2003. Encarte Técnico.

CONAB. **Acompanhamento da safra 2005/2006** - Quinto levantamento. [Brasília, DF.], abr. 2006. 28 p.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Hora da escolha. **Cultivar**; Grandes Culturas, Pelotas, v. 7, n. 77, set. 2005. Milho. Caderno Técnico Cultivar, Pelotas, n. 77, p. 4-11, set. 2005. Encarte.

CRUZ, J. C.; PERREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; SANTANA, D. P. Plantio Direto e Sustentabilidade do Sistema Agrícola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 13-24, jan/fev. 2001.

DERPSCH, R. **Rotação de culturas**; plantio direto e convencional. São Paulo: Ciba-Geigy, 1986. Não paginado.

DeMARIA, I. C.; DUARTE, A. P.; CANTARELLA, H.; PECHE FILHO, A.; POLISINI, G. Caracterização de lavouras de milho "safira" no Vale do Paranapanema. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFIRA".5., 1999, Barretos. **Anais...** Campinas: IAC, 1999. p. 229-238

DUARTE, A. P.; CRUZ, J. C. Manejo do solo e semeadura do milho safrinha. In : SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 6.; CONFERENCIA NACIONAL DE POS COLHEITA SAG-MERCOSUL, 2.; SIMPOSIO EM ARMAZENAGEM DE GRÃOS DO MERCOSUL, 2., 2001, Londrina. **Valorização da produção e conservação de grãos no MERCOSUL**- A cultura do milho safrinha. Londrina : IAPAR, 2001. p. 45-71.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

PEREIRA FILHO I. A.; CRUZ, J. C. Práticas culturais do milho. In: EMBRAPA. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1993. p. 113-127.

RUEDELL, J. **Plantio direto na região de Cruz Alta**. Cruz Alta: FUNDACEP-FECOTRIGO, 1995. 134 p.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p.159-168, 2000.

Capítulo 9

Plantas Daninhas na Cultura do Milho

Décio Karam
André Luiz Melhorança
Maurílio Fernandes de Oliveira

9.1 Introdução

As plantas daninhas requerem, para o seu desenvolvimento, os mesmos fatores exigidos pela cultura do milho, ou seja, água, luz, nutrientes e espaço físico, estabelecendo um processo competitivo quando a cultura e as plantas daninhas se desenvolvem conjuntamente. É importante lembrar que os efeitos negativos causados pela presença das plantas daninhas não devem ser atribuídos exclusivamente à competição, mas, sim, a uma resultante total de pressões ambientais, que podem ser diretas (competição, alelopatia, interferência na colheita e outras) e indiretas (hospedar insetos, doenças e outras). Esse efeito total denomina-se interferência. O grau de interferência imposto pelas plantas daninhas à cultura do milho é determinado pela composição florística (pelas espécies que ocorrem na área e pela distribuição espacial da comunidade infestante) e pelo período de convivência entre as plantas daninhas e a cultura. A competição por nutrientes essenciais é de grande importância, pois esses, na maioria das vezes, são limitados. Devido à grande diversidade e densidade das comunidades infestantes, cada indivíduo não poderá crescer de acordo com seu potencial genético, mas em consonância com as quantidades de recursos que conseguir recrutar, na intensa competição a que está submetido. Por isso, em altas densidades, o potencial de crescimento da comunidade é controlado por aquele recurso que, de acordo com as necessidades gerais da comunidade, apresenta-se em menor quantidade no ambiente. Em relação à cultura do milho, mesmo esse sendo eficiente na absorção, não consegue acumular nutrientes como as plantas daninhas fazem em seus tecidos. Em condições de competição onde o nitrogênio seria o nutriente de maior limitação entre milho e planta daninha, a adubação nitrogenada merece especial atenção em condições de alta infestação.

A competição por espaço ocorre e a planta do milho assume uma arquitetura diferente daquela que possui quando cresce

livre da presença de outras plantas, mudando o posicionamento de suas folhas, porque o espaço que deveria ocupar já se encontra ocupado por outra planta. É importante ressaltar que qualquer mudança na arquitetura da planta do milho representa sérios prejuízos na produção. A redução do espaçamento nas entrelinhas aumenta a radiação fotossinteticamente ativa interceptada pela cultura e diminui a competição intra-específica por luz, água e nutrientes, devido à distribuição mais uniforme das plantas. O índice de área foliar e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelo dossel são influenciados pela redução do espaçamento nas entrelinhas, sendo o comportamento dependente do estágio fenológico, da densidade de plantas, do tipo de arquitetura do híbrido e do sistema de manejo. Por outro lado, a redução do espaçamento nas entrelinhas impede a entrada de luz e a conseqüente germinação das plantas daninhas. Associado a isto, a dessecação, o imediato plantio em situações normais de umidade e temperatura e as adubações mais concentradas de nitrogênio favorecem o arranque inicial do milho em relação à planta daninha. O termo alelopatia aplica-se quando uma planta daninha libera substâncias químicas no meio, prejudicando o desenvolvimento de outro, podendo ocorrer inclusive entre indivíduos da mesma espécie. Diversas plantas daninhas possuem capacidade alelopática que reduz o desenvolvimento do milho: como exemplo, o capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*), o capim-colchão (*Digitaria horizontalis*) e o capim-rabo-de-raposa (*Setaria faberil*). O grau de interferência das plantas daninhas pode variar de acordo com as condições climáticas e os sistemas de produção. No entanto, as perdas ocasionadas na cultura do milho em função da interferência imposta pelas plantas daninhas têm sido descritas como sendo da ordem de 13,1%, sendo que, em casos onde não tenha sido adotado nenhum método de controle, essa redução pode chegar a aproximadamente 85%.

9.2 Objetivos do manejo integrado de plantas daninhas

O manejo integrado visa eliminar as plantas daninhas durante o período crítico de competição, que é o período em que a convivência com as plantas daninhas pode causar danos irreversíveis à cultura, prejudicando o rendimento. Outro importante aspecto é dar condições para que a colheita mecanizada tenha a máxima eficiência, e evitar a proliferação de plantas daninhas, garantindo-se a produção de milho nas safras seguintes. Portanto, ao usar algum método de controle de plantas daninhas na cultura do milho, o produtor deve lembrar-se de que os principais objetivos são:

- a. evitar perdas devido à competição;
- b. beneficiar as condições de colheita;
- c. evitar o aumento da infestação;
- d. proteger o ambiente

9.2.1 Evitar perdas devido à competição

O importante é que o produtor entenda que as perdas podem variar de ano a ano, devido às condições climáticas, e de propriedade a propriedade, devido às variações de solo, população de plantas daninhas, sistemas de manejo (rotação de culturas, plantio direto) etc. Portanto, é necessário que o produtor de milho tenha uma estimativa das perdas que as plantas daninhas ocasionam em sua lavoura, pois ela servirá para avaliar quando e de que modo deve ser feito o controle.

9.2.2 Beneficiar as condições de colheita

Os métodos de controle de plantas daninhas serão usados também para beneficiar a colheita e não apenas para evitar a competição inicial. As plantas daninhas que germinam, emergem e cres-

cem no meio da lavoura do milho após o período crítico de competição não acarretam perdas na produção. Entretanto, tanto a colheita manual quanto a mecânica podem ser prejudicadas. No caso da colheita manual, a presença da espécie *Mimosa invisa* Mart. *Ex Colla*, popularmente conhecida como malistra ou dormideira, pode provocar ferimentos nas mãos dos trabalhadores. A colheita mecânica, quando realizada em lavouras com alta infestação de corda-de-violão (*Ipomoea* sp.) e trapoeraba (*Commelina* sp.), pode ser inviabilizada, pois a máquina não consegue operar, devido ao embuchamento dos componentes da plataforma de corte.

9.2.3. Evitar o aumento da infestação

O terceiro objetivo do manejo integrado de plantas daninhas está ligado à produção sustentada. Ao terminar a colheita da safra, o produtor deve lembrar-se de que a terra é um bem sagrado e que deve ser conservada para as próximas safras. Se a terra é deixada em pousio, as plantas daninhas irão sementear e aumentar a infestação. O banco de sementes das plantas daninhas é o solo e, se nada for feito para evitar a produção de sementes, o número de plantas daninhas emergindo a cada ano vai aumentar significativamente, as produções de milho cairão, a dependência do uso de herbicidas aumentará, os custos de controle ficarão mais elevados e, depois disso, o único jeito é abandonar a terra. Em um sistema de produção sustentado, um dos fatores mais importantes é a manutenção da população de plantas daninhas em baixos níveis de infestação. Para isso, podem ser adotadas algumas técnicas como rotação de culturas e semeadura de plantas de cobertura e de adubação verde. Culturas de cobertura, como nabo forrageiro, aveia, ervilhaca peluda, milheto, no período de entressafra, têm grande poder de supressão na emergência e no desenvolvimento das plantas daninhas. Operações de pós-colheita, como a passada de uma roçadeira ou a aplicação de herbicidas para dessecação das plantas daninhas, também podem ser reali-

zadas, para que não ocorra produção de sementes ou outros propágulos.

9.2.4 Proteger o meio ambiente

Finalmente, o último objetivo do manejo integrado está ligado diretamente ao controle químico, que depende do sistema de produção de milho adotado e, conseqüentemente, do nível tecnológico do produtor rural. Para os produtores de alta tecnologia, o manejo de invasoras é realizado quase que exclusivamente com herbicidas. Herbicidas são substâncias químicas que apresentam diferentes características físico-químicas e, portanto, um comportamento ambiental diferenciado. Associado às características das substâncias, as condições edafoclimáticas também afetam diferentemente o destino dos herbicidas no ambiente. Dependendo das características, como o coeficiente de adsorção (Kd), a constante da lei de Henry e, principalmente, a meia-vida do composto no solo, ar e água (T_{1/2}), o herbicida usado pode ser uma fonte de contaminação do ambiente. Produtos voláteis (que se transformam em gases) poderão contaminar o ar, produtos lixiviáveis (que sofrem movimentação no perfil do solo) poderão atingir o lençol de água subterrâneo e os herbicidas fortemente presos nos sedimentos poderão atingir depósitos de águas superficiais, por meio da erosão. Além das preocupações com a contaminação ambiental pela utilização dos produtos, a redução na eficiência agrônômica dos mesmos nas culturas é motivo de preocupação. A adoção de métodos de controle de plantas daninhas que minimizem ou dispensem o uso de herbicidas é desejável para tornar a atividade agrícola ambientalmente mais segura.

9.3 Métodos de controle de plantas daninhas

Diversos são os métodos de controle de plantas daninhas empregados na cultura do milho, dentre os quais podem-se destacar:

9.3.1 Controle preventivo

O controle preventivo tem como objetivo evitar a introdução ou a disseminação de plantas daninhas nas áreas de produção. A legislação nacional estabelece a relação das espécies nocivas e seus respectivos limites máximos específicos de tolerância para sementes de espécies daninhas toleradas e determina as proibidas. Isso evita que contaminem novas áreas utilizando sementes com impurezas. A introdução de novas espécies geralmente ocorre por meio de lotes contaminados de sementes, máquinas agrícolas e animais. A utilização de sementes de boa procedência, livres de sementes de plantas daninhas, e a limpeza de máquinas e de implementos antes de cercas e de estradas, em terraços, em páti- os, em fontes de água e em canais de irrigação ou em qualquer lugar da propriedade são importantes para evitar a disseminação de sementes e de outras estruturas de reprodução.

9.3.2 Controle cultural

O método cultural normalmente é utilizado pelos agricultores, mas não como uma técnica de manejo de plantas daninhas. O método cultural visa a aumentar a capacidade competitiva da cultura em detrimento das plantas daninhas. Menor espaçamento entre linhas, maior densidade de plantio, época adequada de plantio, uso de variedades adaptadas às regiões, uso de cobertura morta, adubações adequadas, irrigação bem manejada e rotação de culturas são técnicas que permitem à cultura tornar-se mais competitiva com as plantas daninhas. O plantio direto tem auxiliado no controle das plantas daninhas, especialmente no milho safrinha, semeado após a lavoura de verão. Nesse sistema, sem revolvimento do solo, o banco de sementes na parte superficial do solo tende a reduzir, diminuindo a germinação dos propágulos. A rotação de culturas, além de muitas outras utilidades, é praticada como meio de prevenir o surgimento de altas populações de certas espécies de plantas daninhas mais adaptáveis a determina-

da cultura. Para que a cultura do milho tenha vantagem competitiva em relação às plantas daninhas, é importante que se tenha adequado espaçamento. Em termos práticos, o bom espaçamento é aquele que permite a cobertura do solo, quando a cultura atinge seu pleno desenvolvimento vegetativo, devendo ser diferenciado para os diversos híbridos e variedades e condições edafoclimáticas.

9.3.3 Controle mecânico de plantas daninhas

9.3.3.1 Capina manual

Esse método é amplamente utilizado em pequenas propriedades. Dos 350 milhões de produtores no mundo, estimados nos anos 80, aproximadamente 250 milhões usavam algum tipo de capina manual. Normalmente de duas a três capinas com enxada são realizadas durante os primeiros 40 a 50 dias após a semeadura, pois, a partir daí, o crescimento do milho contribuirá para a redução das condições favoráveis para a germinação e o desenvolvimento das plantas daninhas. A capina manual deve ser realizada preferencialmente em dias quentes e secos e com o solo com pouca umidade. Cuidados devem ser tomados para evitar danos às plantas de milho, principalmente às raízes. Esse método de controle demanda grande quantidade de mão-de-obra, visto que o rendimento da operação é de aproximadamente oito dias/homem por hectare.

9.3.3.2 Capina mecânica

A capina mecânica usando cultivadores, tracionados por animais ou tratores, ainda é o sistema mais utilizado no Brasil. As capinas devem ser realizadas nos primeiros 40 a 50 dias após a semeadura da cultura. Nesse período, os danos ocasionados à cultura são minimizados, comparados com os possíveis danos (quebra e arranquio das plantas de milho) em capinas realizadas tardiamente. A exemplo da capina manual, o cultivo mecânico deve ser realizado superficialmente, em dias quentes e secos, com o

solo com pouca umidade, aprofundando-se as enxadas o suficiente para o arranquio ou o corte das plantas daninhas. Quando as plantas de milho encontrarem-se de quatro a seis folhas, utilizar enxadas do tipo asa de andorinha, para evitar danos no sistema radicular do milho, pois o mesmo encontra-se superficial. A produtividade desse método é de aproximadamente 0,5 a 1 dia/homem por hectare (tração animal) e 1,5 a duas horas por hectare (tratorizada).

9.3.4 Controle químico

O controle químico consiste na utilização de produtos herbicidas para o controle das plantas daninhas, sendo necessário o registro dos produtos no Ministério da Agricultura. Em algumas situações, as secretarias estaduais de agricultura podem proibir o uso de determinado(s) produto(s). Ao se pensar em controle químico em milho, algumas considerações devem ser feitas: a) a seletividade do herbicida para a cultura; b) a eficiência no controle das principais espécies na área cultivada; c) o efeito residual dos herbicidas para as culturas que serão implantadas em sucessão ao milho. O uso de herbicidas, por ser uma operação de maior custo inicial, é indicado para lavouras médias e grandes e com alto nível tecnológico, em que a expectativa é de uma produtividade acima de 4.000 kg ha⁻¹. Embora seja, ultimamente, o método de controle com maior nível de crescimento, o controle químico, se utilizado indiscriminadamente, pode vir a causar problemas de contaminação ambiental. Cuidados adicionais devem ser tomados com o descarte de embalagens, o armazenamento, o manuseio e a aplicação dos herbicidas.

Os herbicidas registrados para uso na cultura do milho podem ser vistos nas Tabelas 9.1 e 9.2. O seu uso está vinculado aos cuidados normais recomendados nos rótulos pelos fabricantes e à assistência de um técnico da extensão oficial ou do distribuidor.

9.3.4.1 Métodos de aplicação de herbicidas

A eficiência de um herbicida está intimamente relacionada à sua aplicação, que deve ser feita de maneira uniforme e utilizando-se os equipamentos adequados a cada tipo de situação. Os problemas verificados na ineficiência do controle de plantas daninhas, na maioria dos casos, estão relacionados à tecnologia de aplicação. Cerca de 46% dos problemas das aplicações ocorrem na calibragem do pulverizador, 5% na mistura de produtos e 12% na combinação da calibragem e da mistura de produtos. Por outro lado, mais de 90% dos herbicidas ainda são aplicados via trator (sistemas hidráulicos), embora a aplicação via água de irrigação tenha aumentado nos últimos anos.

9.3.4.2 Terrestre

A calibragem do sistema de aplicação terrestre deve ser realizada preferencialmente no local da aplicação, observando-se os fatores que interferem na eficiência dos herbicidas. Os equipamentos tratorizados apresentam quatro componentes básicos: tanque, regulador de pressão, bomba e bicos de aplicação, que devem ser sempre verificados, evitando defeitos ou entupimentos que possam vir a tornar a aplicação ineficiente.

9.3.4.3 Aéreo

A principal vantagem da aplicação aérea em relação às aplicações terrestres tratorizadas ou manual é o menor tempo gasto para tratar uma mesma área. Esse método é econômico e tecnicamente viável somente em áreas extensas e planas. Aplicações aéreas apresentam alto risco de contaminação ambiental, em função do alto risco de deriva, devendo, portanto, sempre ser acompanhada por um técnico responsável.

9.3.4.4 Via irrigação

A aplicação de herbicidas via água de irrigação é conhecida como herbigação. Embora a adoção desse método de aplicação tenha aumentado nos últimos anos, ainda não existem herbicidas registrados para essa modalidade. Além disso, apenas alguns herbicidas possuem características favoráveis à aplicação com água de irrigação. Embora a herbigação apresente como vantagens a redução do custo de aplicação, o aumento da atividade herbicida, maior uniformidade de aplicação e maior compatibilidade com o sistema de plantio direto, por não haver trânsito de máquinas na época de controle das plantas daninhas, a aplicação, principalmente via pivô central, pode apresentar riscos de contaminação ambiental e aumento do tempo de aplicação.

9.4 Normas gerais para o uso de defensivos agrícolas

Antes da aquisição de qualquer defensivo agrícola, deve-se fazer uma avaliação correta do problema e da necessidade da aplicação. Não adquira nenhum defensivo agrícola sem receituário agrônômico e verifique a data de validade, evitando comprar produtos vencidos e com embalagens danificadas. Não aplique defensivos agrícolas sem estar vestindo os Equipamentos de Proteção Individual (EPI) necessários. Fazer a tríplice lavagem da embalagem após o uso e inutilizá-la por meio de furos. Toda embalagem vazia e inutilizada de qualquer defensivo agrícola deverá ser retornada aos pontos de compra (orientar-se junto ao vendedor). Cumpra as suas obrigações e exija seus direitos de consumidor.

9.5 Manejo de plantas daninhas no milho safrinha

As práticas de controle a serem adotadas no milho "safrinha" ou milho de segunda época, que é semeado, em sua maioria, após a cultura de verão, no final de fevereiro e início de março, devem levar em conta que o plantio do milho nesse período apresenta maior risco e produção menor que na época normal. Nesse perí-

odo, a temperatura do solo é mais baixa, fazendo com que a emergência e o desenvolvimento das plantas daninhas sejam menores e, por conseguinte, a pressão exercida por elas é reduzida, especialmente as gramíneas, que têm como época preferencial de emergência os meses de outubro a dezembro. Somado a isso, a presença de palhada após a colheita da cultura antecessora ao milho aumenta a supressão das invasoras, reduzindo a competição.

É importante lembrar que alguns herbicidas de efeito residual longo utilizados nas culturas de verão, como exemplo, o Imazaquim, utilizado na cultura da soja, podem causar prejuízos ao desenvolvimento do milho que é plantado em seqüência.

Tabela 9.1. Alternativas de herbicidas pré-emergentes para o controle de plantas daninhas na cultura do milho. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG. 2007.

Nome comum	Nome comercial	Concentração (g L ⁻¹ ou g kg ⁻¹)	Dose	
			i.a (kg ha ⁻¹)	Comercial (kg ou L ha ⁻¹)
<i>acetochlor</i> ¹	Kadett CE	840	2,52 – 3,36	3,00 – 4,00
	Kadett	840	2,52 – 3,36	3,00 – 4,00
	Surpass	768	2,00 – 4,00	2,60 – 5,20
<i>alachlor</i> ¹	Alachlor Nortox	480	2,40 – 3,36	5,00 – 7,00
	Laço CE	480	2,40 – 3,36	5,00 – 7,00
<i>alachlor + atrazine</i> ¹	Alachlor + Atrazina SC	240 + 250	2,94 – 3,43	6,00 – 7,00
	Nortox	300 + 180	3,36 – 4,32	7,00 – 9,00
	Boxer	260 + 260	3,12 – 4,16	6,00 – 8,00
	Agimix	250 + 250	3,50 + 4,00	7,00 – 8,00
	Alazine 500 SC			
<i>amircabazone atrazine</i>	Dinamic	700	0,28	0,40
	Atranex 500 SC	500	2,00 – 2,50	4,00 – 5,00
	Atrazina Nortox 500 SC	500	1,50 – 3,25	3,00 – 6,50
	Atrazine Atanor 50 SC	500	2,00 – 3,00	4,00 – 6,00
	Atrazinax 500	500	1,50 – 3,25	3,00 – 6,50
	Coyote	500	2,50 – 3,00	5,00 – 6,00
	Genius WG	900	0,90 – 2,70	1,00 – 3,00
	Gesaprim 500 Ciba Geigy	500	2,00 – 2,50	4,00 – 5,00
	Herbitrin 500 BR	500	2,00 – 2,50	4,00 – 5,00
	Proof	500	2,00 – 2,50	4,00 – 5,00
	Siptran 500 SC	500	2,00 – 2,50	4,00 – 5,00
	Siptran 800 WP	800	2,40 – 3,20	3,00 – 4,00
	Gesaprim GRDA	880	1,76 – 3,08	2,00 – 3,50
	Guardsman	320 + 280	2,40 – 3,00	4,00 – 5,00
	<i>atrazine + dimetenamida</i>	Alliance WG	830 + 34	1,296 – 1,728
<i>atrazine + isoxaflutole</i> ²	Primaiz Gold	370 + 230	1,95 – 2,40	3,25 – 4,00
	Primagran Gold	370 + 230	1,95 – 2,40	3,25 – 4,00
	Primestra Gold	370 + 290	2,15 – 2,97	3,25 – 4,50
<i>atrazine + s-metolachlor</i>	Actiomex 500 SC	250 + 250	2,00 – 3,00	3,50 – 7,00
	Atratinex 500 SC	250 + 250	1,75 – 3,50	3,50 – 7,00
	Controller 500 SC	250 + 250	1,75 – 3,00	3,50 – 6,00
	Extrazin SC	250 + 250	1,80 – 3,40	3,60 – 6,80
	Herbimix SC	250 + 250	3,00 – 3,50	6,00 – 7,00
	Primatop SC	250 + 250	3,00 – 4,00	6,00 – 8,00
	Senior WG	450 + 450	1,12 – 1,57	2,50 – 3,50
	Triamex 500 SC	250 + 250	1,75 – 3,00	3,50 – 6,00
	Bladex 500	500	1,50 – 2,25	3,00 – 4,50
	Aminol 806	670	1,70 – 2,30	2,50 – 3,50
<i>atrazine + simazine</i>	Capri	720	1,40 – 2,20	2,00 – 3,00
	Deferon	400	1,20 – 1,80	3,00 – 4,50
	DMA 806 BR	670	1,70 – 2,30	2,50 – 3,00
	Esteron 400 BR	400	1,20 – 1,80	3,00 – 4,50
	Herbi D-480	400	1,20 – 1,80	3,00 – 4,50
	U 46 D – Fluid 2,4-D	720	1,40 – 2,20	2,00 – 3,00
	Alliance SC	20	0,05 – 0,08	2,50 – 4,00
	Zeta 900	900	1,12	1,25
	Provence 750 WG	750	0,06	0,08
	Dual Gold	960	1,44 – 1,68	1,5 – 1,750
<i>isoxaflutole s-metolachlor</i> ⁴	Herbadox	500	1,00 – 1,75	2,00 – 3,50
	Herbazin 500 BR	500	1,50 – 2,50	3,00 – 5,00
<i>pendimethalin</i> ⁵	Sipazin 800 PM	800	1,60 – 4,00	2,00 – 5,00
	Gardoprin	500	2,00 – 3,50	4,00 – 7,00
<i>terbutilazin trifluralin</i>	Premelin 600 CE	600	1,80 – 2,40	3,00 – 4,00
	Novolate	600	0,54 – 2,40	0,90 – 4,00
	Trifluralina Nortox Gold	450	1,35 – 2,25	3,00 – 5,00

¹Utilizar a maior dose em solos com teor de material orgânica superior a 5%.

²Não aplicar em solos arenosos que recebam calagem pesada no intervalo de 90 dias, e em híbridos e variedades de milho branco, milho pipoca e linhagens.

³Utilizar a maior dose em solos com teor de material orgânica superior a 4%.

⁴Utilizar em solos com teor de material orgânica superior a 2% e com baixa infestação de capim marmelada.

⁵Utilizar a maior dose em solos com teor de matéria orgânica superior a 3%.

Tabela 9.2. Alternativas de herbicidas pós-emergentes para o controle de plantas daninhas na cultura do milho. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG. 2007.

Nome comum	Nome comercial	Concentração (g L ⁻¹ ou g kg ⁻¹)	Dose	
			i.a. (kg ha ⁻¹)	Comercial (kg ou L ha ⁻¹)
alachlor + atrazine ametryne¹	Agimix	260 + 260	3,12 - 4,16	6,00 - 8,00
	Ametrina Agripec	500	1,50 - 2,00	3,00 - 4,00
	Gesapax 500 Ciba Geigy	500	1,50 - 2,00	3,00 - 4,00
	Gesapax GRDA	785	1,57 - 1,96	2,00 - 2,50
amircabazone	Dinamic	700	0,28	0,40
	Finale	200	0,40	1,50
amônio-glufosinato²	Laddok	200 + 200	0,96 - 1,20	2,40 - 3,00
atrazine + bentazon	Gillanex	225 - 125	1,40 - 2,10	4,00 - 6,00
atrazine + glyphosate	Sanson AZ	500 + 20	0,91 - 1,04	1,75 - 2,00
atrazine + nicosulfuron	Primaiz Gold	370 + 230	1,95 - 2,40	3,25 - 4,00
	Primagran Gold	370 + 230	1,95 - 2,40	3,25 - 4,00
	Primestra Gold	370 + 290	2,15 - 2,97	3,25 - 4,50
atrazine + óleo vegetal³	Posmil	400 + 300	2,00 - 2,80	5,00 - 7,00
	Primóleo	400 + 300	2,00 - 2,40	5,00 - 6,00
atrazine + simazine	Actiomex 500 SC	250 + 250	2,00 - 3,00	4,00 - 6,00
	Atrasinex 500 SC	250 + 250	1,75 - 3,50	3,50 - 7,00
	Extrazin SC	250 + 250	1,80 - 3,40	3,60 - 6,80
	Herbimix SC	250 + 250	3,00 - 3,50	6,00 - 7,00
	Primatop SC	250 + 250	3,00 - 4,00	6,00 - 8,00
	Triamex 500 SC	250 + 250	1,75 - 3,00	3,50 - 6,00
	Controllier 500 SC	250 + 250	1,75 - 3,00	3,50 - 6,00
	Basagran 480	480	0,72	1,50
	Basagran 600	600	0,72	1,20
	Banir 480	480	0,72 - 1,20	1,50 - 2,50
carfentrazone-ethyl	Affinit 400 EC	400	0,01 - 0,03	0,025 - 0,07
	Aurora	400	0,01 - 0,03	0,025 - 0,07
2,4-D²	Aurora 400 EC	400	0,01 - 0,03	0,025 - 0,07
	Quicksilver 400 EC	400	0,01 - 0,03	0,025 - 0,07
	Aminamar	806	1,21	1,50
	Aminol 806	806	0,40 - 1,21	0,50 - 1,50
	Capri	868	0,87 - 1,09	1,00 - 1,25
	Deferon	502	0,30 - 0,45	0,60 - 0,90
	DMA 806 BR	806	1,21	1,50
	Navajo	970	0,39 - 1,65	0,40 - 1,70
	Tento 867 SL	867	1,73	2,00
	U 46 BR	806	0,40 - 1,21	0,50 - 1,50
	U 46 D - Fluid 2,4-D	806	1,21	1,50
	Weedar 806	806	0,40 - 1,21	0,50 - 1,50
	2,4 D Agripec	867	1,73	2,00
2,4 D Amina 72	698	0,70 - 1,05	1,00 - 1,50	
glyphosate⁴	Várias marcas comerciais			
Imazopic + imazapyr	Onduty	525 + 175	0,052 + 0,0175	0,10
mesotrione	Callisto	480	0,144 - 0,192	0,30 - 0,40
Nicosulfuron⁵	Accent WG	750	0,038 - 0,060	0,05 - 0,08
	Nicosulfuron Nortox 40	40	0,05 - 0,06	1,25 - 1,50
	SC	40	0,052 - 0,06	1,30 - 1,50
	Nippon 40 SC	750	0,0525 - 0,06	0,07 - 0,08
	Nissin	40	0,05 - 0,06	1,25 - 1,50
foramsulfuron + iodosulfuron methyl	Sanson 40 SC			
	Equip Plus	300 - 20	0,038 - 0,048	0,12 - 0,15
dicloreto de paraquate⁶	Gramoxone 200	200	0,30 - 0,60	1,50 - 3,00
	Paradox	200	0,30 - 0,60	1,50 - 3,00
sulfosate	Touchdown	480	0,48 - 2,88	1,00 - 6,00

¹Utilizar nas entrelinhas, após o estádio de 50cm de altura do milho. Adicionar adjuvante.

²Aplicar quando as gramíneas estiverem no estádio de três folhas e as folhas largas, no estádio de seis folhas.

³Aplicar quando o milho estiver com, no máximo, quatro folhas, antes da formação do cartucho.

⁴Não utilizar em misturas com inseticidas organofosforados. Verificar susceptibilidade de cultivares.

⁵Aplicar nas entrelinhas, quando o milho estiver com mais de oito folhas.

⁶Utilizado para o controle de folhas largas com até quatro folhas. Pode ser aplicado até a 4ª folha do milho.

9.6. Referências

KARAM, D. & CRUZ, M. B. da. Sem concorrentes - manter o terreno no limpo, sem invasoras é o primeiro passo para garantir o desenvolvimento, *Cultivar; Grandes Culturas, Pelotas*, v. 6, n. 63, jul. 2004. *Agrotécnica. Caderno Técnico Cultivar, Pelotas*, n. 63, p. 3-10, jul. 2004. Encarte.

PITELLI, R. A. & PITELLI, R. L. de C. M. *Biologia e ecofisiologia das plantas daninhas*. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. *Manual de manejo e controle de plantas daninhas*. Bento Gonçalves: CNPUV, 2004. p. 29-55.

RIZZARDI, M. A.; KARAM, D.; MICHELLE, B. C. *Manejo e controle de plantas daninhas em milho e sorgo*. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. *Manual de manejo e controle de plantas daninhas*. Bento Gonçalves: CNPUV, 2004. p. 571-594.

SILVA, J.B. & KARAM, D. *Manejo de plantas daninhas na cultura do milho*. *O Ruralista*, v. 32, n. 414, p.5-9, 1994.

SILVA J. B. & KARAM, D. *Controle de plantas daninhas nos sistemas de produção de milho*. *O Ruralista*, v. 32, n. 421, p. 4-9, 1995.

Capítulo 10

Doenças na Cultura do Milho

Carlos Roberto Casela
Alexandre da Silva Ferreira
Nicésio Filadelfo Jansen de Almeida Pinto

10.1 Introdução

Trabalhos de monitoramento de doenças realizados pela Embrapa Milho e Sorgo e pelo setor privado têm demonstrado que a mancha branca, a cercosporiose a ferrugem polissora, a ferrugem tropical, a ferrugem comum, a helmintosporiose e os enfezamentos pálido e vermelho estão entre as principais doenças da cultura do milho, no momento. A importância de cada uma dessas doenças é variável de ano para ano e de região para região, mas não é possível afirmar que alguma delas seja de maior importância em relação às demais. Além das doenças acima mencionadas, novos desafios têm surgido ao longo dos últimos anos, como o aumento na severidade da antracnose foliar, em algumas regiões do país, e a ocorrência de podridões causadas por *Stenocarpella maydis* e *S. macrospora*, antes mais comuns em áreas de plantio na região Sul do país, em algumas áreas do Centro-Oeste. Normalmente, um programa de pesquisa tende a se concentrar na busca de soluções para problemas identificados até que soluções adequadas sejam encontradas, o que exige um certo número de anos. O agricultor, por outro lado, enfrenta, a cada ano, novos problemas e tende normalmente a considerá-los como prioritários, exigindo soluções rápidas e imediatas.

Várias medidas são sugeridas para o manejo de doenças na cultura do milho: 1) plantio em época adequada, de modo a se evitar que os períodos críticos para a produção não coincidam com condições ambientais mais favoráveis ao desenvolvimento da doença; 2) utilização de sementes de boa qualidade e tratadas com fungicidas; 3) utilização da rotação com culturas não suscetíveis; 4) manejo adequado da lavoura - adubação, população de plantas adequada, controle de pragas e de invasoras e colheita na época correta. Essas medidas trazem benefício imediato ao pro-

dutor, por reduzirem o potencial de inóculo em sua lavoura, mas, principalmente, contribuem para uma maior durabilidade e estabilidade da resistência genética presentes nas cultivares comerciais, por reduzirem a população de agentes patogênicos. A mais atrativa estratégia de manejo de doenças é a utilização de cultivares geneticamente resistentes, uma vez que o seu uso não exige nenhum custo adicional ao produtor, não causa nenhum tipo de impacto negativo ao ambiente, é perfeitamente compatível com outras alternativas de controle e é, muitas vezes, suficiente para o controle da doença.

10.2 Doenças foliares

10.2.1 Cercosporiose (*Cercospora zea-maydis* e *C. sorghi* f. sp. *maydis*)

10.2.1.1 Importância e distribuição

A doença foi observada inicialmente no Sudoeste do estado de Goiás, em Rio Verde, Montividiu, Jataí e Santa Helena, no ano de 2000. Atualmente, está presente em praticamente todas as áreas de plantio de milho no Centro-Sul do Brasil. Ocorre com alta severidade em cultivares suscetíveis, com as perdas podendo ser superiores a 80%.

10.2.1.2 Sintomas

Os sintomas caracterizam-se por manchas de coloração cinza, retangulares a irregulares, com as lesões desenvolvendo-se paralelas às nervuras. Pode ocorrer acamamento, em ataques mais severos da doença (Figura 10.1).



Figura 10.1. Cercosporiose (*Cercospora zeae-maydis*)

10.2.1.3 Epidemiologia

A disseminação ocorre através de esporos e restos de cultura levados pelo vento e por respingos de chuva. Os restos de cultura são, portanto, fonte local e fonte para outras áreas.

10.2.1.4 Manejo da Doença

Plantio de cultivares resistentes. Evitar a permanência de restos da cultura de milho em áreas em que a doença ocorreu com alta severidade, para reduzir o potencial de inóculo. Realizar rotação com culturas como soja, sorgo, girassol, algodão e outras, uma vez que o milho é o único hospedeiro da *Cercospora zeae-maydis*. Para evitar o aumento do potencial de inóculo da *Cercospora zeae-maydis*, deve-se evitar o plantio de milho após milho. Plantar cultivares diferentes em uma mesma área e em cada época de plantio. Realizar adubações de acordo com as recomendações técnicas, para evitar desequilíbrios nutricionais nas plantas de milho, favoráveis ao desenvolvimento desse patógeno, principalmente a relação nitrogênio/potássio. Para que essas medidas sejam eficientes, recomenda-se a sua aplicação regional (em

macrorregiões), para evitar que a doença volte a se manifestar a partir de inóculo trazido pelo vento de lavouras vizinhas infectadas.

10.2.2 Mancha branca ou mancha de *Phaeosphaeria*

10.2.2.1 Importância e distribuição

A doença apresenta ampla distribuição no Brasil. As perdas na produção podem ser superiores a 60%, em determinadas situações.

10.2.2.2 Sintomas

As lesões iniciais apresentam um aspecto de encharcamento (anasarca), tornando-se necróticas, com coloração palha, de formato circular a oval, com 0,3 a 2cm de diâmetro. Há coalescência de lesões em ataques mais severos (Figura 10.2).



Figura 10.2. Mancha branca (*Pantoeae ananas*)

10.2.2.3 Epidemiologia

Alta precipitação, alta umidade relativa (>60%) e baixas temperaturas noturnas, em torno de 14°C, são favoráveis à doença. Plantios tardios favorecem a doença. Há o envolvimento da bactéria *Pantoeae ananas* nas fases iniciais da doença.

10.2.2.4 Manejo da doença

Plantio de cultivares resistentes. Plantios realizados mais cedo reduzem a severidade da doença. O uso da prática da rotação de culturas contribui para a redução do potencial de inóculo.

10.2.3 Ferrugem polissora (*Puccinia polysora*)

10.2.3.1 Importância e distribuição geográfica

No Brasil, já foram determinados danos de 44,6% à produção de milho pelas ferrugens branca e polissora, sendo a maior parte atribuída a *P. polysora* e parte a *Physopella zae*. A doença está distribuída por toda a região Centro-Oeste, Noroeste de Minas Gerais, São Paulo e parte do Paraná.

10.2.3.2 Sintomas

Pústulas circulares a ovais, marrom-claras, distribuídas na face superior das folhas e, com muito menor abundância, na face inferior da folha (Figura 10.3).

10.2.3.3 Epidemiologia

A ocorrência da doença depende da altitude, ocorrendo com maior intensidade abaixo de 700m. Locais acima de 1.200m são desfavoráveis ao desenvolvimento da doença.



Figura 10.3. Ferrugem polissora (*Puccinia polysora*)

10.2.3.4 Manejo da doença

Plantio de cultivares com resistência genética.

10.2.4 Ferrugem comum (*Puccinia sorghi*)

10.2.4.1 Importância e Distribuição

No Brasil, a doença tem ampla distribuição, com severidade moderada, tendo maior severidade nos estados da região Sul.

10.2.4.2 Sintomas

As pústulas são formadas na parte área da planta e são mais abundantes nas folhas. Em contraste com a ferrugem polissora, as pústulas são formadas em ambas as superfícies da folha, apresen-

tam formato circular a alongado e se rompem rapidamente (Figura 10.4).



Figura 10.4. Ferrugem comum (*Puccinia sorghi*)

10.2.4.3 Epidemiologia

Temperaturas baixas (16 a 23°C) e alta umidade relativa (100%) favorecem o desenvolvimento da doença.

10.2.4.4 Manejo da Doença

Plantio de cultivares com resistência genética.

10.2.5 Ferrugem Tropical ou Ferrugem Branca (*Physopella zeae*)

10.2.5.1 Importância e Distribuição

No Brasil, encontra-se distribuída no Centro-Oeste e no Sudeste (Norte de São Paulo). O problema é maior em plantios contínuos de milho, principalmente em áreas irrigadas com pivô.

10.2.5.2 Sintomas

Pústulas brancas ou amareladas, em pequenos grupos, de 0,3 a 1,0mm de comprimento, na superfície superior da folha, paralelamente às nervuras (Figura 10.5).

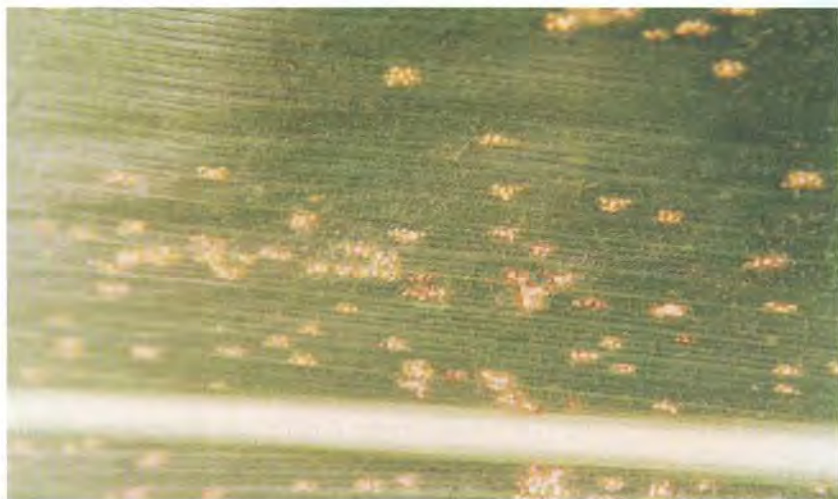


Figura 10.5. Ferrugem branca (*Physopella zeae*)

10.2.5.3 Epidemiologia

Os uredósporos são o inóculo primário e secundário, sendo transportados pelo vento ou em material infectado. Não são conhecidos hospedeiros intermediários de *P. zeae*. A doença é favorecida por condições de alta temperatura (22-34°C), alta umidade relativa e baixas altitudes. Por ser um patógeno de menor exigência em termos de umidade, o problema tende a ser maior na safrinha.

10.2.5.4 Manejo da doença

Plantio de cultivares resistentes. Os plantios contínuos tendem a agravar o problema causado pelas ferrugens em geral. Re-

comenda-se a alternância de genótipos e a interrupção no plantio durante um certo período, para que ocorra a morte dos uredósporos.

10.2.6 Helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*)

10.2.6.1 Importância e distribuição

No Brasil, o problema tem sido maior em plantios de safrinha. As perdas podem atingir a 50%, em ataques antes do período de floração.

10.2.6.2 Sintomas

Os sintomas característicos são lesões alongadas, elípticas, de coloração cinza ou marrom e comprimento variável entre 2,5 e 15cm. A doença ocorre inicialmente nas folhas inferiores (Figura 10.6).



Figura 10.6. Helmintosporiose (*E. turcicum*)

10.2.6.3 Epidemiologia

O patógeno sobrevive em folhas e colmos infectados. A disseminação ocorre pelo transporte de conídios pelo vento, a longas distâncias. Temperaturas moderadas (18-27°C) são favoráveis à doença, bem como a presença de orvalho. O patógeno tem como hospedeiros o sorgo, o capim sudão, o sorgo de halepo e o teosinto.

10.2.6.4 Manejo da doença

O controle da doença é feito através do plantio de cultivares com resistência genética. A rotação de culturas é também uma prática recomendada para o manejo dessa doença.

10.2.7 Helmintosporiose (*Bipolaris maydis*)

10.2.7.1 Importância e distribuição

Essa doença encontra-se bem distribuída no Brasil, porém com severidade baixa a média.

10.2.7.2 Sintomas

A raça 0 produz lesões alongadas, delimitadas pelas nervuras com margens castanhas, com forma e tamanho variáveis. O patógeno ataca apenas as folhas. A Raça T produz lesões de coloração marrom, de formato elíptico, margens amareladas ou cloróticas.

10.2.7.3 Epidemiologia

A sobrevivência ocorre em restos culturais infectados e grãos. Os conídios são transportados pelo vento e por respingos

de chuva. A temperatura ótima para o desenvolvimento da doença é de 22 a 30°C. A doença é favorecida por alta umidade relativa. A ocorrência de longos períodos de seca e de dias de muito sol entre dias chuvosos é desfavorável à doença.

10.2.7.4 Manejo da doença

Plantio de cultivares resistentes e rotação de culturas.

10.2.8 Mancha de Diplodia (*Stenocarpella macrospora*)

10.2.8.1 Importância e distribuição

Essa doença está presente nos estados de Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Bahia e Mato Grosso e na região Sul do país. Apesar de amplamente distribuída, tem ocorrido com baixa severidade, até o momento.

10.2.8.2 Sintomas

As lesões são alongadas, grandes, semelhantes as de *H. turcicum*. Diferem desta por apresentar, em algum local da lesão, pequeno círculo visível contra a luz (ponto de infecção). Podem alcançar até 10 cm de comprimento (Figura 10.7).

10.2.8.3 Epidemiologia

A disseminação ocorre através dos esporos e dos restos de cultura levados pelo vento e por respingos de chuva. Os restos de cultura são fonte local e de disseminação da doença para outras áreas.

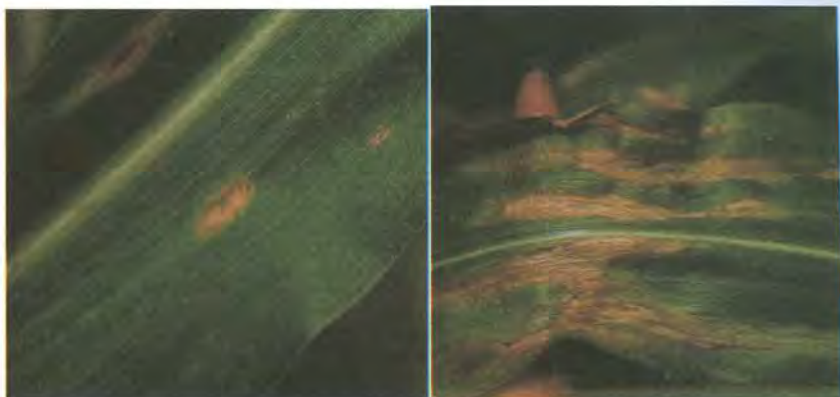


Figura 10.7. Mancha de diplodia (*Stenocarpella macrospora*)

10.2.8.4 Manejo da doença

Plantio de cultivares resistentes e rotação de culturas.

10.2.9 Antracnose (*Colletotrichum graminicola*)

10.2.9.1 Importância e distribuição

O aumento dessa doença está associado ao cultivo mínimo e ao plantio direto e também à não utilização da rotação de cultura. A doença está presente nos estados de GO, MG, MT, MS, SP, PR e SC.

10.2.9.2 Sintomas

Na fase foliar, a doença caracteriza-se pela presença de lesões de formas variadas, sendo, às vezes, difícil o seu diagnóstico. Nas nervuras, é comum a presença de lesões elípticas com frutificações (acérvulos do patógeno) (Figura 10.8).

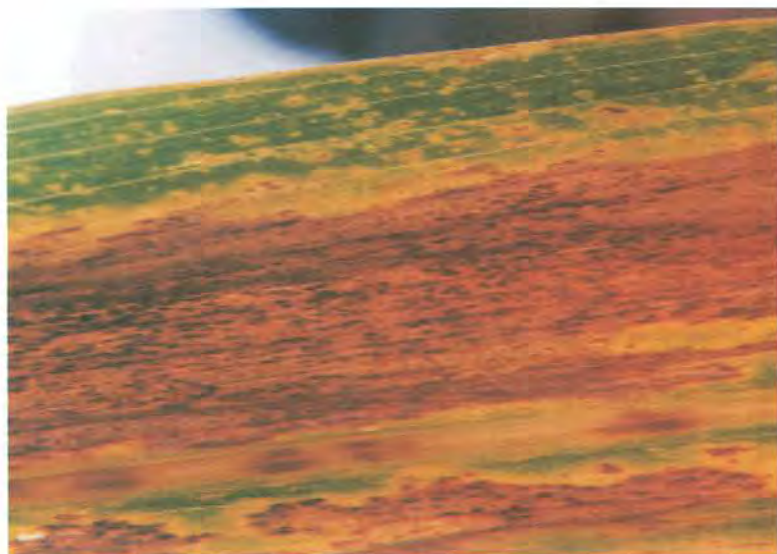


Figura 10.8. Antracnose foliar (*Colletotrichum graminicola*)

10.2.9.3 Epidemiologia

A taxa de aumento da doença é uma função da quantidade inicial de inóculo presente nos restos de cultura, o que indica a importância do plantio direto e plantio em sucessão para o aumento do potencial de inóculo. Outro fator que influencia na quantidade de doença é a taxa de reprodução do patógeno, que vai depender das condições ambientais e a da própria raça do patógeno presente.

10.2.9.4 Manejo da doença

Plantio de cultivares resistentes. A rotação de cultura é essencial para a redução do potencial de inóculo presente nos restos de cultura.

10.3 Podridões do colmo

As principais podridões do colmo na cultura do milho podem ocorrer antes do fase de enchimento dos grãos, em plantas jovens e vigorosas ou após a maturação fisiológica dos grãos, em plantas senescentes. No primeiro caso, as perdas se devem à morte prematura das plantas, com efeitos negativos no tamanho e no peso dos grãos, como consequência da redução na absorção de água e nutrientes. Pode ocorrer o tombamento das plantas. No segundo caso, as perdas na produção se devem ao tombamento das plantas, o que dificulta a colheita mecânica e expõe as espigas à ação de roedores e ao apodrecimento, pelo contato com o solo. O tombamento das plantas é função do peso e altura da espiga; da quantidade do colmo apodrecida; da dureza da casca e da ocorrência de ventos.

As podridões do colmo geralmente se iniciam pelas raízes, passando para os entrenós inferiores e, posteriormente, para os entrenós superiores ou diretamente pelo colmo, através de ferimentos. Estresses durante a fase de enchimento de grãos predispoem as plantas às podridões. São considerados fatores estressantes as doenças foliares, os danos nas folhas ou no colmo causados por insetos, a umidade excessiva ou deficiente do solo, o baixo teor de K em relação ao de N, os períodos prolongados de nebulosidade, a alta densidade de semeadura e a ocorrência de chuvas com intensidade acima do normal, duas a três semanas após o florescimento. De modo geral, as podridões do colmo não ocorrem uniformemente na área, mas ao acaso. É possível encontrar plantas sadias ao lado de plantas apodrecidas.

Por serem os microorganismos causadores das podridões do colmo capazes de sobreviver nos restos de cultura e no solo, a

adoção do Sistema Plantio Direto pode aumentar significativamente a quantidade de inóculo no solo, tornando as lavouras de milho nesse sistema de cultivo mais sujeitas à ocorrência das podridões em alta intensidade.

Quanto às podridões de raízes, as perdas econômicas estão diretamente relacionadas ao teor de umidade no solo e, geralmente, são causadas por um complexo de microorganismos.

10.3.1 Podridão de *Stenocarpella*

10.3.1.1 Etiologia

Pode ser causada pelos fungos *Stenocarpella maydis* ou *S. macrospora*, os mesmos agentes causais da podridão branca das espigas. *Stenocarpella macrospora* pode também causar lesões foliares em milho. As duas espécies diferem entre si por *S. maydis* apresentar conídios duas vezes menores que os de *S. macrospora* e por não causar lesões foliares.

10.3.1.2. Sintomas

Plantas infectadas por qualquer um desses fungos apresentam, externamente, próximas aos entrenós inferiores, lesões marrom-claras, quase negras, nas quais é possível observar a presença de pequenos pontinhos negros (picnídios). Internamente, o tecido da medula adquire coloração marrom, pode se desintegrar, permanecendo intactos somente os vasos lenhosos, sobre os quais é possível observar também a presença de picnídios.

10.3.1.3 Epidemiologia

As podridões do colmo causadas por *Stenocarpella* sp. são favorecidas por temperaturas entre 28 e 30°C e alta umidade,

principalmente na forma de chuva. Esses fungos sobrevivem nos restos de cultura, na forma de picnídios, e nas sementes, na forma de picnídios ou de micélio. Apresentam como único hospedeiro o milho, o que torna a rotação de culturas uma medida eficiente no controle dessa doença. A disseminação dos conídios pode ocorrer pela ação da chuva ou do vento.

10.3.1.4 Manejo da doença

Utilização de cultivares resistentes e rotação de culturas, principalmente em áreas onde se utiliza o Sistema Plantio Direto. Evitar altas densidades de semeadura. Realizar adubações de acordo com as recomendações técnicas, para evitar desequilíbrios nutricionais nas plantas de milho.

10.3.2 Podridão de Fusarium

10.3.2.1 Etiologia

É uma doença causada por várias espécies de *Fusarium*, entre elas *F. moniliforme* e *F. moniliforme* var. *subglutinans*, que também causam a podridão rosada das espigas.

10.3.2.2 Sintomas

Em plantas infectadas, o tecido dos entrenós inferiores geralmente adquire coloração avermelhada, que progride de forma uniforme e contínua da base em direção à parte superior da planta. Embora a infecção do colmo possa ocorrer antes da polinização, os sintomas só se tornam visíveis logo após a polinização e aumentam em severidade à medida em que as plantas entram em senescência. A infecção pode se iniciar pelas raízes e é favorecida por ferimentos causados por nematóides ou pragas subterrâneas.

10.3.2.3 Epidemiologia

Esse patógeno é um fungo de solo capaz de sobreviver nos restos de cultura na forma de micélio e apresenta várias espécies vegetais como hospedeiras, o que torna a medida de rotação de cultura pouco eficiente. Frequentemente, pode ser encontrado associado às sementes. A disseminação dos conídios se dá através do vento ou da chuva.

10.3.2.4 Manejo da doença

Uso de cultivares resistentes. Evitar altas densidades de semeadura. Realizar adubações de acordo com as recomendações técnicas, para evitar desequilíbrios nutricionais nas plantas de milho.

10.3.3 Antracnose do colmo

10.3.3.1 Etiologia

Essa podridão é causada pelo fungo *Colletotrichum graminicola*, que pode infectar todas as partes da planta de milho, resultando diferentes sintomas nas folhas, no colmo, na espiga, nas raízes e no pendão.

10.3.3.2 Sintomas

Embora esse patógeno possa infectar as plantas nas fases iniciais de seu desenvolvimento, os sintomas são mais visíveis após o florescimento. A podridão do colmo é caracterizada pela formação, na casca, de lesões encharcadas, estreitas, elípticas na vertical ou ovais. Posteriormente, tornam-se marrom-avermelhadas e, finalmente, marrom-escuras a negras. As lesões podem coalescer, formando extensas áreas necrosadas de coloração es-

cura-brilhante (Figura 10.9). O tecido interno do colmo apresenta, de forma contínua e uniforme, coloração marrom-escura, podendo se desintegrar, levando a planta à morte prematura e ao acamamento.



Figura 10.9. Antracnose do colmo (*Colletotrichum graminicola*)

10.3.3.3 Epidemiologia

C. graminicola pode sobreviver em restos de cultura ou em sementes na forma de micélio e conídios. A disseminação dos conídios se dá por respingos de chuva. A infecção do colmo pode ocorrer pelo ponto de junção das folhas com o colmo ou através de raízes. A antracnose é favorecida por longos períodos de altas temperaturas e umidade, principalmente na fase de plântula e após o florescimento.

10.3.3.4 Manejo da doença

Utilização de cultivares resistentes não só à podridão do colmo por *C. graminicola*, mas também às doenças foliares. A ro-

tação de culturas é imprescindível no Sistema Plantio Direto. Tratamento de sementes com fungicidas. Realizar adubações de acordo com as recomendações técnicas, para evitar desequilíbrios nutricionais nas plantas de milho. Aração e gradagem são práticas que, associadas à rotação de cultura, reduzem significativamente a quantidade de inóculo do patógeno no solo e, conseqüentemente, a intensidade da doença nas próximas semeaduras.

10.3.4 Podridão seca do colmo

10.3.4.1 Etiologia

A podridão seca do colmo é causada pela fungo *Macrophomina phaseolina*.

10.3.4.2 Sintomas

A infecção das plantas inicia-se pelas raízes. Embora essa infecção possa ocorrer nos primeiros estádios de desenvolvimento da planta, os sintomas são visíveis nos entrenós inferiores, após a polinização. Internamente, o tecido da medula se desintegra, permanecendo intactos somente os vasos lenhosos, sobre os quais é possível observar a presença de numerosos pontinhos negros, que conferem internamente ao colmo uma cor cinza típica (Figura 10.10).

10.3.4.3 Epidemiologia

A podridão de *Macrophomina* é favorecida por altas temperaturas (37°C) e baixa umidade no solo. A sobrevivência de *M. phaseolina* no solo, bem como sua disseminação, ocorrem na forma de esclerócios. Esse fungo apresenta um grande número de hospedeiros, inclusive o sorgo e a soja, o que torna a rotação de cultura uma medida de controle pouco eficiente.



Figura 10.10. Podridão seca (*Macrophomina phaseolina*)

10.3.4.4 Manejo da doença

Utilização de cultivares resistentes. Promover uma irrigação adequada em anos de pouca chuva. Evitar altas densidades de semeadura. Realizar adubações de acordo com as recomendações técnicas, para evitar desequilíbrios nutricionais nas plantas de milho.

10.3.5 Podridão causada por *Pythium*

10.3.5.1 Etiologia

É causada pelo fungo *Pythium aphanidermatum*.

10.3.5.2 Sintomas

Essa podridão é do tipo aquosa, assemelhando-se às podridões por bactéria. Difere dessas por ficar tipicamente restrita ao

primeiro entrenó acima do solo, enquanto que as bacterioses atingem vários entrenós (Figura 10.11). As plantas, antes de tombarem, geralmente sofrem uma torção. Plantas tombadas permanecem verdes por algum tempo, visto que os vasos lenhosos permanecem intactos.



Figura 10.11. Podridão causada por *Pythium*.

10.3.5.3 Epidemiologia

Esse fungo sobrevive no solo, apresenta elevado número de espécies vegetais hospedeiras e é capaz de infectar plantas de milho jovens e vigorosas, antes do florescimento. Essa podridão é favorecida por temperaturas em torno de 32°C e por alta umidade no solo, proporcionada por prolongados períodos de chuva ou irrigação excessiva.

10.3.5.4 Manejo da doença

Manejo adequado da água de irrigação.

10.3.6 Podridões bacterianas

10.3.6.1 Etiologia

Várias espécies de bactérias do gênero *Pseudomonas* e *Erwinia* causam podridões do colmo em plantas de milho.

10.3.6.2 Sintomas

As podridões causadas por bactérias são do tipo aquosa e, quando causadas por *Erwinia*, exalam tipicamente um odor desagradável. Em geral, iniciam-se nos entrenós próximos ao solo e rapidamente atingem os entrenós superiores (Figura 10.12).



Figura 10.12. Podridão bacteriana.

Essas podridões podem também se iniciar pela parte superior do colmo, causando a "podridão do cartucho por *Erwinia*". Os sintomas típicos dessa doença são a murcha e a seca das folhas

do cartucho, decorrentes de uma podridão aquosa na base desse cartucho. As folhas se desprendem facilmente e exalam um odor desagradável. Na bainha das outras folhas, pode-se observar a presença de lesões encharcadas (anasarcas). Pode ocorrer o apodrecimento dos entrenós inferiores ao cartucho e a murcha do restante da planta. Ferimentos no cartucho causados por insetos podem favorecer a incidência dessa podridão.

10.3.6.3 Epidemiologia

Essas podridões são favorecidas por altas temperaturas associadas a altos teores de umidade.

10.3.6.4 Manejo da doença

Manejo adequado da água de irrigação e melhoria no sistema de drenagem do solo.

10.4 Doenças causadas por mollicutes e por vírus

10.4.1 Raiado fino (*Maize rayado fino virus*)

10.4.1.1 Importância e distribuição

A virose rayado fino, também denominada de risca, pode reduzir a produção de grãos em até 30% e ocorre nas principais regiões produtoras de milho. Essa doença é transmitida e disseminada por uma cigarrinha de cor palha, tamanho de 0,5cm, denominada *Dalbulus maidis*.

10.4.1.2 Sintomas

Os sintomas característicos são riscas formadas por numerosos pontos cloróticos coalescentes ao longo das nervuras, facil-

mente observados quando as folhas são colocadas contra a luz (Figura 10.13).



Figura 10.13. Raiado fino.

10.4.1.3 Epidemiologia

O vírus do rayado fino ocorre sistemicamente na planta de milho e é transmitido de forma persistente propagativa pela cigarrinha *Dalbulus maidis*, que, ao se alimentar em plantas doentes, adquire o vírus, que é transmitido para plantas saudáveis. O período latente entre a aquisição desse vírus e sua transmissão varia de 7 a 37 dias. A incidência e a severidade dessa doença são influenciadas pelo grau de susceptibilidade da cultivar, por sementeiras tardias e por população elevada de cigarrinha, coincidente com fases iniciais de desenvolvimento da lavoura de milho. O milho é o principal hospedeiro tanto do vírus como da cigarrinha.

10.4.1.4 Controle

O método mais eficiente e econômico para controlar o vírus rayado fino é a utilização de cultivares resistentes. Práticas culturais recomendadas que reduzem a incidência dessa doença no milho são: eliminação de plantas voluntárias de milho, fazer o pousio por um período de dois a três meses sem a presença de plantas de milho, alterar a época de semeadura, evitando as semeaduras tardias e sucessivas de milho.

10.4.2. Mosaico comum do milho

Maize dwarf mosaic virus (MDMV)

Sugar cane mosaic virus (SCMV)

Johnson grass mosaic virus (JGMV)

Sorghum mosaic virus (SrMV)

10.4.2.1 Importância e Distribuição

O mosaico comum do milho ocorre praticamente em toda região onde se cultiva o milho. Calcula-se que essa doença pode causar uma redução na produção de 50%.

10.4.2.2 Sintomas

Os sintomas caracterizam-se pela formação nas folhas de manchas verde-claras, com áreas verde normal, dando um aspecto de mosaico (Figura 10.14). As plantas doentes são, normalmente, menores em altura e em tamanho de espigas e de grãos.



Figura 10.14. Mosaico comum.

10.4.2.3 Agente causal

O mosaico comum do milho é causado por um complexo viral pertencente ao grupo Potyvirus. Dentre eles, incluem-se o "Maize dwarf mosaico virus" (MDMV), O "Sugar cane mosaico virus" (SCMV), o "Johnson grass mosaico virus" (JGMV) e o "Sorghum mosaico virus" (SrMV).

10.4.2.4 Epidemiologia

A transmissão do mosaico comum do milho é feita por várias espécies de pulgões. Os vetores mais eficientes são as espécies *Ropalosiphum maidis*, *Schizophis graminum* e *Myzus persicae*. Os insetos vetores adquirem os vírus em poucos segundos ou minu-

tos e os transmitem, também, em poucos segundos ou minutos. A transmissão desses vírus também pode ser feita mecanicamente. Mais de 250 espécies de gramíneas são hospedeiras dos vírus do mosaico comum do milho.

10.4.2.5 Controle

A utilização de cultivares resistentes é o método mais eficiente para controlar essa virose. A eliminação de outras plantas hospedeiras pode contribuir para a redução da incidência dessa doença. A aplicação de inseticidas para o controle dos vetores não tem sido um método muito efetivo no controle do mosaico comum do milho.

10.4.3 Enfezamentos

Pálido (*Spiroplasma*)

Vermelho (*Phytoplasma*)

10.4.3.1 Importância e distribuição

Os enfezamentos do milho, causados por *Spiroplasma* e por *Phytoplasma*, são considerados doenças importantes para a cultura do milho, por afetarem a produtividade desse cereal e por sua ocorrência generalizada nas principais regiões produtoras de milho. Essas doenças são transmitidas e disseminadas por uma cigarrinha de cor palha, tamanho de 0,5cm, denominada *Dalbulus maidis*.

10.4.3.2 Sintomas

10.4.3.2.1 Enfezamento pálido

Os sintomas característicos são estrias esbranquiçadas irregulares na base das folhas, que se estendem em direção ao ápice (Figura 10.15). Normalmente, as plantas são raquíticas, devido ao encurtamento dos entrenós, e pode haver uma proliferação de espigas pequenas e sem grãos. Quando há produção de grãos, eles são pequenos, manchados e frouxos na espiga. As plantas podem secar precocemente.



Figura 10.15. Enfezamento pálido.

10.4.3.2.2 Enfezamento vermelho

Os sintomas típicos dessa doença são o avermelhamento das folhas, a proliferação de espigas, o perfilhamento na base da

planta e nas axilas foliares e encurtamento dos entrenós (Figura 10.16).



Figura 10.16. Enfesamento vermelho.

10.4.3.3 Agente Causal

O enfesamento pálido é causado por procarionte pertencente ao gênero *Spiroplasma*, denominado pelo nome comum espiroplasma. O enfesamento vermelho é causado por procarionte pertencente ao gênero *Phytoplasma*, denominado pelo nome comum fitoplasma.

10.4.3.4 Epidemiologia

Mollicutes Spiroplasma e *Phytoplasma* ocorrem somente em células do floema de plantas doentes de milho e são transmitidos

de forma persistente propagativa pela cigarrinha *Dalbulus maidis* que, ao se alimentar em plantas doentes, adquire os mollicutes, que são transmitidos para as plantas saudáveis. O período latente entre a aquisição do patógeno e sua transmissão pela cigarrinha varia entre 12 e 28 dias para *Spiroplasma*, enquanto, para *Phytoplasma*, a variação é de 22 a 26 dias. A incidência e a severidade dessas doenças são influenciadas por grau de susceptibilidade da cultivar, por semeaduras tardias, por temperaturas elevadas e por densidade elevada de cigarrinhas coincidente com fases iniciais de desenvolvimento da lavoura de milho.

10.4.3.5 Controle

O controle mais eficiente dessas doenças é a utilização de cultivares resistentes. Outras práticas recomendadas para o manejo dessas doenças são: evitar semeaduras sucessivas de milho, fazer o pousio por período de dois a três meses sem a presença de plantas de milho e alterar a época de semeadura, evitando-se a semeadura tardia do milho.

10.5 Doenças causadas por nematóides

Mais de 40 espécies de 12 gêneros de nematóides têm sido citadas como parasitas de raízes de milho em todas as áreas do mundo onde esse cereal é cultivado. No Brasil, as espécies mais importantes, devido à patogenicidade, à distribuição e à alta densidade populacional, são *Pratylenchus brachyurus*, *Pratylenchus zaei*, *Helicotylenchus dihystera*, *Criconebella* spp., *Meloidogyne* spp. e *Xiphinema* spp. Resultados de pesquisa demonstram que o controle químico de nematóides na cultura do milho permitiu o aumento da produção de grãos em 39%, em área naturalmente infestada por *Pratylenchus zaei* e *Helicotylenchus dihystera*. Há, também, relatos de aumento de produtividade de grãos de milho de

699 kg ha⁻¹, em parcelas experimentais, devido ao controle químico de *Pratylenchus* sp. e de *Helicotylenchus* sp.

A ocorrência de nematóides do gênero *Meloidogyne* parasitando o milho e causando prejuízos significativos em condições naturais foi relatada no Brasil em 1986, tendo sido identificado como *Meloidogyne incognita* raça 3 em raízes de plantas de milho que não se desenvolveram. Contudo, o milho está entre as culturas mais recomendadas para a rotação em áreas infestadas por *Meloidogyne* spp. Atualmente, devido à necessidade de se controlar o nematóide do cisto (*Heterodera glycines*), na cultura da soja, o milho tem sido uma alternativa para a rotação de cultura, pois não é parasitado por esse nematóide. Por outro lado, essas duas culturas podem ser parasitadas por nematóides do gênero *Meloidogyne*, notadamente por *M. incognita* e *M. javanica*.

10.5.1 Sintomas

Os danos causados por nematóides variam com o gênero e a população do nematóide envolvido, com as condições do solo e a idade da planta de milho. Os sistemas radiculares parasitados por nematóides são menos eficientes na absorção de água e nutrientes da solução do solo. Conseqüentemente, uma planta parasitada tem seu crescimento reduzido, apresenta sintomas de deficiências minerais e a produção é reduzida. Uma cultura de milho atacada por nematóides apresenta, em sua parte aérea, os seguintes sintomas: plantas enfezadas e cloróticas, sintomas de murcha durante os dias quentes, com recuperação à noite, espigas pequenas e mal granadas. Esses sintomas dão à cultura do milho uma aparência de irregularidade, podendo aparecer em reboleiras ou em grandes extensões. Quando esses sintomas, observados na parte aérea, são causados por nematóides, as raízes apresentam os seguintes sintomas:

- a) Encurtamento e engrossamento das raízes: *Trichodorus* spp., *Longidorus* spp. e *Belonolaimus* spp.
- b) Sistema radicular praticamente destituído de radículas: *Xiphinema* spp., *Tylenchorhynchus* spp., *Helicotylenchus* spp., *Belonolaimus* spp. e *Macroposthonia* spp.
- c) Sistema radicular praticamente destituído de radículas e com lesões radiculares e raízes apodrecidas: *Pratylenchus* spp., *Xiphinema* spp., *Hoplolaimus* spp. e *Helicotylenchus* spp.
- d) Sistema radicular com pequenas galhas: *Meloidogyne* spp.

10.5.2 Fator de reprodução (FR) do nematóide

É necessário conhecer muito bem o fator de reprodução (FR) das espécies de nematóides que parasitam as cultivares de milho disponíveis regionalmente. O FR expressa se a cultivar é excelente, boa, fraca ou não hospedeira do nematóide presente na área de cultivo do milho, em relação à população inicial presente no solo infestado por esse nematóide. Isto é: o FR representa a população do nematóide no estágio final da cultura/população inicial do nematóide presente na ocasião de semeadura. Conseqüentemente, a cultivar de milho a ser utilizada em plantios comerciais ou em rotação com a cultura da soja deve apresentar $FR < 1$, se possível igual a zero ou próximo de zero.

Na avaliação da reação de 107 genótipos de milho a *Meloidogyne incógnita*, raças 1, 2, 3 e 4 e a *M. arenaria*, raça 2, incluindo populações de polinização aberta, linhagens, cruzamentos intervarietais e híbridos comerciais, os resultados mostraram que todos os genótipos foram bons hospedeiros desses nematóides. O FR, para *Meloidogyne incógnita*, raça 1, variou de

8,5 a 24,3 e, para a raça 3, variou de 5,3 a 34,8; enquanto, para *M. arenaria*, raça 2, variou de 16,2 a 31,9. Esses resultados mostram a existência de variabilidade genética entre os genótipos avaliados. Ademais, em outro ensaio de resistência à *Meloidogyne incognita*, raça 3, empregando-se 29 cultivares de milho recomendadas para o estado de São Paulo, todas as cultivares mostraram-se suscetíveis ao nematóide ($FR > 1$). Contudo, entre as cultivares avaliadas, as que apresentaram menor FR foram: BR 206 (4,9), BR 205 (5,1), IAC Taiúba (5,9), XL 660 (8,0) e Agromen 2012 (9,5), sendo, portanto, as alternativas possíveis para o plantio em áreas infestadas por *M. incognita*, raça 3.

O milho tem sido uma cultura amplamente recomendada para rotação em áreas infestadas com *Meloidogyne javanica*. No entanto, mesmo não mostrando sintomas de galhas evidentes, algumas cultivares podem permitir acentuada multiplicação desse nematóide. Em avaliação de 36 genótipos de milho em relação à patogenicidade de *Meloidogyne javanica*, todos eles apresentaram o $FR < 1$, indicando que esses genótipos diminuíram a população inicial do nematóide no solo. Adicionalmente, há informação de que a cultivar Hatã é resistente a *M. javanica*. Contudo, recentemente, em 18 genótipos de milho avaliados, todos comportaram-se como bons hospedeiros de *Meloidogyne javanica*, com o FR variando de 2,2 a 6,9.

10.5.3 Controle

A utilização de cultivares resistentes é a medida mais eficiente e econômica de controle dos nematóides que parasitam a cultura do milho. A rotação de culturas com espécie botânica não hospedeira do nematóide presente na área de cultivo do milho também é recomendada. Ademais, a utilização de plantas-arma-

dilha, como *Crotalaria spectabilis*, as quais atraem e aprisionam larvas de nematóides, é especificamente recomendada para o controle de *Meloidogyne* spp. Não obstante, a *Crotalaria juncea* possui alto potencial de multiplicação dos nematóides *Pratylenchus* spp. e *Helicotylenchus* spp., enquanto a rotação com mucuna-preta (*Mucuna aterrima*) diminui as populações iniciais de *Pratylenchus* spp. O controle químico dos nematóides parasitas do milho depende da disponibilidade de produtos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, bem como da análise econômica da utilização dessa tecnologia.

10.6 Qualidade sanitária de grãos

Os grãos de milho podem ser danificados por fungos em duas condições específicas: em pré-colheita (podridões de espigas com a formação de grãos ardidos) e em pós-colheita dos grãos durante o beneficiamento, armazenamento e o transporte (grãos mofados ou embolorados). No processo de colonização dos grãos, muitas espécies denominadas fungos toxigênicos podem, além dos danos físicos (descolorações dos grãos, reduções nos conteúdos de carboidratos, de proteínas e de açúcares totais), produzir substâncias tóxicas denominadas micotoxinas. É importante ressaltar que a presença do fungo toxigênico não implica necessariamente a produção de micotoxinas, as quais estão intimamente relacionadas à capacidade de biossíntese do fungo e das condições ambientais predisponentes, como em alguns casos da alternância das temperaturas diurna e noturna.

10.6.1 Produção de grãos ardidos

Os grãos ardidos em milho são o reflexo das podridões de espigas, causadas principalmente pelos fungos presentes no campo: *Diplodia maydis* (*Stenocarpella maydis*), *Diplodia macrospora*

(*Stenocarpela macrospora*), *Fusarium moniliforme*, *F. subglutinans*, *F. graminearum*, *F. sporotrichioides* e *Gibberella zeae*. Ocasionalmente, no campo, há produção de grãos ardidos pelos fungos *Penicillium oxalicum* e *Aspergillus flavus* e *A. parasiticus*. Os fungos *F. graminearum*, *F. sporotrichioides* e *Diplodia maydis* são mais frequentes nos estados do Sul do Brasil e *F. moniliforme*, *F. subglutinans* e *Diplodia macrospora*, nas demais regiões produtoras de milho. A seguir, serão descritas as principais podridões de espigas ocorrentes no Brasil.

10.6.2 Podridão branca da espiga

A podridão branca da espiga é causada pelos fungos *Stenocarpela maydis* e *S. macrospora*. As espigas infectadas apresentam os grãos de cor marrom, de baixo peso e com crescimento micelial branco entre as fileiras de grãos (Figura 10. 17). No interior da espiga ou nas palhas das espigas infectadas, há a presença de numerosos pontinhos negros (picnídios), que são as estruturas de frutificação do patógeno. Uma característica peculiar entre as duas espécies de *Diplodia* é que apenas a *D. macrospora* ataca as folhas do milho. A precisa distinção entre essas espécies só é possível mediante análises microscópicas, pois, comparativamente, os esporos de *D. macrospora* são maiores e mais alongados do que os de *D. maydis*. Os esporos desses fungos sobrevivem dentro dos picnídios, no solo, nos restos de cultura contaminados e nas sementes, na forma de esporos e de micélio dormente, sendo essas fontes primárias de inóculo para a infecção das espigas. A infecção pode se iniciar em qualquer uma das extremidades das espigas. Entretanto, as espigas mal-empalhadas ou com palhas frouxas ou que não se dobram após a maturidade fisiológica são as mais suscetíveis. A alta precipitação pluviométrica na época da maturação dos grãos favorece o aparecimento dessa

doença. A evolução da podridão praticamente cessa quando o teor de umidade dos grãos atinge 21 a 22% em base úmida. O manejo integrado para o controle desta podridão de espiga envolve a utilização de cultivares resistentes, de sementes livres dos patógenos, a destruição de restos culturais de milho infectados e a rotação de culturas, visto que o milho é o único hospedeiro desses patógenos.



Figura 10.17. Podridão da espiga causada por *Stenocarpella* sp.

10.6.3 Podridão rosada da espiga

Essa podridão é causada por *Fusarium moniliforme* ou por *Fusarium subglutinans*. Esses patógenos apresentam elevado número de plantas hospedeiras, sendo, por isso, considerados parasitas não especializados. A infecção pode se iniciar pelo topo ou por qualquer outra parte da espiga, mas sempre associada a algum dano causado, por exemplo, por insetos, pássaros etc. Com o desenvolvimento da doença, uma massa cotonosa avermelhada pode recobrir os grãos infectados ou a área da palha atingida. Em alguns grãos, pode haver o aparecimento de estrias brancas no pericarpo, causadas pela ação do fungo. Quando a infecção ocor-

re através do pedúnculo da espiga, todos os grãos podem ser infectados, mas a infecção só se desenvolverá naqueles que apresentarem alguma injúria no pericarpo. O desenvolvimento dos patógenos nas espigas é paralisado quando o teor de umidade dos grãos atinge 18 a 19%, em base úmida. Embora esses fungos sejam freqüentemente isolados das sementes, essas não são a principal fonte de inóculo. Como os fungos possuem a fase saprofítica ativa, sobrevivem e se multiplicam na matéria orgânica, no solo, sendo essa a fonte principal de inóculo.

10.6.4 Podridão rosada da ponta da espiga

Essa podridão de espiga é conhecida também pelo nome de podridão de giberela (*Gibberella zeae*), sendo mais comum em regiões de clima ameno e de alta umidade relativa. A ocorrência de chuvas após a polinização propicia a ocorrência dessa podridão de espiga. A doença inicia-se com uma massa cotonosa avermelhada na ponta da espiga e pode progredir para a base da espiga. A palha pode ser colonizada pelo fungo e tornar-se colada na espiga. Ocasionalmente, essa podridão pode iniciar-se na base e progredir para a ponta da espiga, confundindo o sintoma com aquele causado por *Fusarium moniliforme* ou *F. subglutinans*. Chuvas freqüentes no final do desenvolvimento da cultura, principalmente em lavoura de cultivar com espigas que não dobram, aumentam a incidência dessa podridão de espiga. Esse fungo sobrevive nas sementes na forma de micélio dormente. A forma anamórfica de *G. zeae* é denominada *Fusarium graminearum*.

10.6.5 Produção de micotoxinas

Atualmente, os grãos ardidos constituem um dos principais problemas de qualidade do milho, devido à possibilidade da presença de micotoxinas, tais como aflatoxinas (*Aspergillus flavus* e *A.*

parasiticus), fumonisinas (*Fusarium moniliforme* e *F. subglutinans*), zearalenona (*Fusarium graminearum* e *F. poae*), vomitoxinas (*Fusarium moniliforme*), toxina T-2 (*Fusarium sporotrichioides*), entre outras. As perdas qualitativas por grãos ardidos são motivos de desvalorização do produto e uma ameaça à saúde dos rebanhos e humana. Como padrão de qualidade, há, em algumas agroindústrias, a tolerância máxima de 6% para grãos ardidos, em lotes comerciais de milho.

O gênero *Fusarium* tem a faixa de temperatura ótima para o seu desenvolvimento situada entre 20 e 25° C. Contudo, suas toxinas são produzidas sob temperaturas baixas; isso significa que *Fusarium* produz as micotoxinas sob o efeito de choque térmico, sobretudo com alternância das temperaturas, principalmente a diurna e a noturna. Para a produção de zearalenona, a temperatura ótima está em torno de 10 a 12°C.

10.6.6 Controle da produção de grãos ardidos

A prevenção contra a infecção dos grãos de milho por fungos promotores de grãos ardidos deve levar em consideração um conjunto de medidas: a) utilizar cultivares de milho com grãos mais resistentes aos fungos dos gêneros *Fusarium* e *Diplodia*; b) realizar rotação de culturas com espécies de plantas não suscetíveis aos fungos dos gêneros *Fusarium* e *Diplodia*; c) interromper o monocultivo do milho; d) promover o controle das plantas daninhas hospedeiras de fungos do gênero *Fusarium*; e) usar sementes de alta qualidade sanitária; f) evitar altas densidades de plantio; g) utilizar cultivares de milho com espigas decumbentes; h) evitar colher espigas atacadas por insetos e pássaros; i) não colher espigas de plantas acamadas; j) não retardar a colheita; k) realizar o enterrio de restos culturais de milho infectados com fungos causadores de grãos ardidos.

10.7 Referências

- APPLE, J. L. The theory of plant disease management. In: **Plant Pathology and Advanced Treatise**. Eds. Horsfall, J. G., & Diamond, E.. Academic Press, New York. 1977. Pp. 79 – 101.
- BROWNING, J. A. Current thinking on the use of diversity to buffer small grains against highly epidemic and variable foliar pathogens : problems and future prospects. In: **Breeding for Resistance to the Rusts of Wheat**. N. W. Simmonds & S. Rajaranm, eds. CIMMYT Mexico. 1988.
- BUBECK, D. M.; GOODMAN, M. M.; BEAVIS, W. D.; GRANT, D. Quantitative trait loci controlling resistance to gray leaf spot in maize. **Crop Science**, v. 33, p. 838 – 847, 1993.
- CALLAWAY, M. B., SMITH, M. E., COFFMAN, W. R. Diallel analysis of resistance to anthracnose stalk rot in maize inbreds. **Crop Science** v. 30, p. 335 – 337. 1990.
- CARSON, M. L., HOOKER, A. L. *Inheritance of resistance to stalk rot of corn caused by Colletotrichum graminicola*. **Phytopathology** v. 71, p. 1190 – 1196. 1981.
- CEBALLOS, H., DEUTSCH, J.A., GUTIERREZ, H. Recurrent selection for resistance to *Helminthosporium turcicum* in eight subtropical maize populations. **Crop Science** v.31, p. 964 – 971. 1991.
- COMPENDIUM OF CORN DISEASES. The American Phytopathological Society. APS Press. St. Paul. 1986. 105pp.
- FORGEY, W. M., BLANCO, M. H., LOEGERING, W. Q. Differences in pathological capabilities and host specificity of *Colletotrichum graminicola* on *Zea mays*. **Plant Disease Reporter** v. 62,p. 573 – 576. 1978.

FREDERIKSEN, R. A. Disease management in maize. In: **Diagnosing Maize Diseases in Latin America**. (Eds. C. R. Casela, R. Renfro, & A. F. Krattiger. ISAAA Briefs No. 9: NY. Pp. 46 - 52. 1998.

FREPPON, J. T.; LIPPS, P. E.; PRATT, R. C. Characterization of the chlorotic response by maize to *Cercospora zea-maydis*. **Phytopathology** v. 84, p. 945 - 949, 1994.

FREPPON, J. T.; PRATT, R. C.; LIPPS, P. E. Chlorotic lesion response of maize to *Cercospora zea-maydis* and its effects on gray leaf spot disease. **Phytopathology** v. 86, p. 733 - 738, 1996.

FRY, W. E., **Principles of Plant Disease Management**. Academic Press, New York. 1982. 378pp.

HUGHES, G. R., KOOKER, A. L. Genes conditioning resistance to northern leaf blight in maize. **Crop Science** v. 11, p. 180 - 184. 1971.

LATTERELL, F. M.; ROSSI, A. E. Gray leaf spot of corn: a disease on the move. **Plant Disease** v. 67, n. 8, p. 842 - 847, 1983.

LIM, S. M., WHITE, D. G. Estimates of heterosis and combining ability for resistance of maize to *Colletotrichum graminicola*. **Phytopathology** v. 68, p. 1336 - 1342. 1978.

NICHOLSON, R. L., WARREN, H. L. Criteria for evaluation of resistance to maize anthracnose. **Phytopathology** v. 66, p. 86 - 90. 1976.

PEREIRA, O. A. P., BALMER, E., MIRANDA FILHO, J. B. Inheritance of resistance to stalk rot caused by *Colletotrichum graminicola* (Ces.) Wils., in maize (*Zea mays* L.). **Revista Bras. Genet.** v. 12, p. 53 - 65. 1989.

VANDERPLANK, J. E. **Disease Resistance in Plants.**

Academic Press. New York. 1984. 194pp.

WARD, J. M. J.; NOWELL, D. C. Integrated management practices for the control of maize grey leaf spot. **Integrated Pest Management Reviews** v. 3, p. 177 – 188 1998.

WARD, J. M. J.; STROMBERG, E. L.; NOWELL, D. C.; NUTTER JR., F. W. Gray Leaf Spot a disease of global importance in maize production. **Plant Disease** v. 83, p. 884 – 895, 1999.

WELDEKIDAN, T., HAWK, J. A. Inheritance of anthracnose stalk rot resistance in maize. **Maydica** v. 38, p. 189 – 192. 1993.

WHITE, D. G., YANNEY, J., NATH, T. A. Anthracnose stalk rot. In: **34th Annual Corn and Sorghum Research Conf. Amer. Seed Trade Association.** Washington, D. C. 1979., p. 1 – 15.

Capítulo II

Controle de Pragas Durante o Armazenamento de Milho

Jamilton P. Santos

11.1 Introdução

O Brasil é um país cujo grande potencial de produção de grãos ainda não foi plenamente explorado. O milho é a cultura mais amplamente difundida e cultivada, pois se adapta aos mais diferentes ecossistemas. Ele ocupa, em todo o território nacional, cerca de 12 milhões de hectares, com uma produção anual média em torno de 40 milhões de toneladas, concentrada nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, que respondem por cerca de 98% da produção nacional. Embora seja uma cultura apropriada ao uso de alta tecnologia e com potencial para produzir acima de 16 t ha^{-1} , predomina o uso de tecnologia de baixo investimento, o que tem mantido a produtividade média nacional em torno de $2,5 \text{ tha}^{-1}$.

O Brasil é um país de contrastes. Se, por um lado, mostra uma agricultura muito vigorosa, grandes propriedades, plantações e pastagens imensas, alta genética, muita tecnologia, muita produção, mas pouca gente envolvida, por outro, mostra uma agricultura de subsistência praticada por 4,5 milhões de agricultores familiares. Estes representam cerca de 85% do total de produtores rurais e se caracterizam por possuírem pequenas propriedades, ou por não terem terra, não terem capacidade de investimento em tecnologia e, de modo geral, por terem baixo nível de escolaridade.

Junto com o esforço para o aumento da produtividade, necessariamente há que se aprimorar o processo de colheita e as condições de armazenagem de grãos. Uma característica positiva dos grãos é a possibilidade de serem armazenados por longo período de tempo, sem perdas significativas da qualidade. Entretanto

to, o armazenamento prolongado só pode ser realizado quando se adotam corretamente as práticas de colheita, limpeza, secagem, combate a insetos e prevenção de fungos.

Um lote de grãos armazenados é um material sujeito às transformações, deteriorações e perdas devido a interações entre os fenômenos físicos, químicos e biológicos. Exercem grande influência nesse ambiente os fatores temperatura, umidade, disponibilidade de oxigênio, microorganismos, insetos, roedores e pássaros.

Pesquisas no segmento da colheita e armazenagem são muito importantes para a conservação de grãos obtidos pelos agricultores familiares. É fundamental que a qualidade dos grãos seja preservada, mantendo-os sadios, limpos e livres de resíduos de agrotóxicos utilizados para combater as pragas que sempre atacam os grãos armazenados. As alternativas nessa área são: a armazenagem na forma de silagem da planta inteira triturada, especialmente para alimentação de ruminantes produtores de leite e carne, a armazenagem na forma de silagem de grãos úmidos, especialmente visando à alimentação de suínos e a armazenagem de grãos secos, seja a granel ou em espiga, para serem usados na alimentação animal, de modo geral.

11.2 A colheita

A fase chamada pré-colheita compreende o período que vai da maturação fisiológica, caracterizada pelo surgimento da "camada preta" (grão com cerca de 32% de umidade) até a realização da colheita.

Quando a colheita é realizada logo após a fase da maturação fisiológica, propicia o mais alto rendimento de grãos; entretanto,

não é recomendável colher nessa fase, pois os grãos ainda estão com alto teor de umidade, requerendo a secagem complementar por métodos artificiais, com excessivo consumo de energia e com possibilidade de comprometer a qualidade dos grãos, provocando-lhes quebras e trincas, tornando-os mais vulneráveis a serem atacados por insetos, posteriormente. A temperatura do ar de secagem não pode exceder a 44°C no caso de sementes, 55°C para grãos que se destinam à indústria de moagem e 82°C para os destinados à fabricação de ração, sob pena de comprometer a qualidade.

Quando o produtor não dispõe de infra-estrutura de secagem artificial, normalmente tem que esperar o milho secar naturalmente no campo. O tempo de permanência do milho no campo por período prolongado, ou seja, o atraso na colheita, varia de região para região, dependendo das condições climáticas, como umidade do ar, temperatura e insolação. Fatores como insetos (gorgulhos e traças), pássaros, chuva e ventos contribuem para aumentar as perdas pelo atraso na colheita. A ocorrência de chuva na pré-colheita, com a conseqüente penetração de água na espiga, é a principal causa de perdas. Entretanto, nas cultivares em que predominam espigas decumbentes (espigas que viram a ponta para baixo, logo após a maturação fisiológica), as perdas por penetração de água de chuva são minimizadas.

Na região Centro-Oeste e nas áreas de cerrado do Estado de Minas Gerais, onde normalmente não chove no período que antecede a colheita, o grão colhido é de excelente qualidade e as perdas no período da pré-colheita são pequenas, (SANTOS, 1991). Na região Sudeste e no Estado do Paraná, essas perdas podem chegar a 4%, no milho que sofre atraso na colheita. Já nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, onde normalmente chove

no período da colheita e a umidade relativa é muito alta, as perdas na pré-colheita podem chegar a 5% naquele milho que não é colhido mecanicamente (SANTOS et al., 1994).

11.3 O processo de colheita e sua importância sobre as pragas

A colheita do milho pode ser realizada manual e mecanicamente.

11.3.1 Colheita manual e seus reflexos na ocorrência de pragas

No Brasil, a colheita do milho é, ainda, em grande parte (cerca de 40%), realizada manualmente, ou seja, o trabalhador recolhe espiga por espiga, tanto aquelas presas nas plantas quanto aquelas caídas pelo chão. O trabalho manual de coleta das espigas contribui para reduzir as perdas nessa fase, que ocorrem na magnitude de 0,5 a 1%. O grande inconveniente da colheita manual é que ela é realizada, de modo geral, tardiamente, pois, na falta de estrutura de secagem, o produtor espera o milho secar naturalmente no campo, até atingir 13,5 a 14% de umidade. Este atraso na colheita predispõe os grãos a serem infestados por pragas de grãos armazenados, criando a necessidade de se adotar um controle preventivo de pragas, antes de armazená-los.

11.3.2. Colheita mecânica e sua importância na prevenção a pragas

A colheita mecânica do milho, no Brasil, atinge cerca de 60% da produção e, em geral, observam-se perdas totais de grãos caídos pelo chão que atingem a ordem de 8 a 10%. Essas perdas podem ser reduzidas a um patamar aceitável de 3 a 4%, através do treinamento dos operadores, para a adequada manutenção,

regulagem das máquinas, bem como escolher a melhor velocidade de trabalho. O dano mecânico provocado nos grãos durante a operação de colheita, causando-lhes quebras e trincas, contribuirá para maior ocorrência de insetos durante o armazenamento, criando a necessidade de se tomarem medidas preventivas de controle de pragas.

11.4 Perdas na pós-colheita

Serão consideradas aqui as perdas que ocorrem durante o transporte e o armazenamento.

11.4.1 Transporte

Os dados são escassos com relação às perdas durante o transporte e variam muito em função das estradas, do veículo transportador, da distância etc. No Estado de Santa Catarina, foi conduzido um trabalho que considerou apenas o transporte da lavoura até a primeira recepção, tanto quando o milho era armazenado em paiol, na propriedade rural, quanto em silo ou armazém na cidade. O índice de perdas encontrado foi pequeno, em torno de 0,5% da produção transportada.

11.4.2 Armazenamento

Sobre as perdas que ocorrem durante o armazenamento de grãos, há que se considerar a armazenagem a granel em silos, em graneleiros, em sacarias e em paiol. Nas três primeiras modalidades de armazenagem, as perdas de peso ocorrem em torno de 1 a 2% (SANTOS et al., 1994). Nessa modalidade de armazenagem, tem-se adotado tecnologia adequada no combate às pragas e na prevenção da ocorrência de fungos. Porém, no armazenamento de milho em espiga, utilizando estruturas rústi-

cas, como são os paióis de madeira, as perdas de peso causadas por insetos e roedores podem atingir próximo a 15% do milho armazenado nessas condições (Tabela 11.1). Apenas mais recentemente é que foram desenvolvidas tecnologias para conservação de grãos, de uso apropriado para pequenos e médios produtores, que são os que mais adotam a armazenagem de milho em espiga com palha.

Para se prevenirem perdas durante a armazenagem a granel, alguns princípios básicos devem ser observados: a) construção de estruturas armazenadoras tecnicamente adequadas e dispendo de equipamento de termometria e aeração; b) baixo teor de umidade nos grãos; c) baixa presença de impurezas no lote de grãos; d) ausência de pragas e microorganismos; e) manipulação correta dos grãos.

Para se prevenirem perdas na armazenagem em espigas, deve-se combater insetos e roedores. A correta armazenagem não melhora a qualidade dos grãos, mas objetiva mantê-la. Para isso, alguns fatores devem ser observados:

- a) Características varietais como bom empalhamento, decumbência das espigas, dureza e alta densidade dos grãos, resistência a danos mecânicos, resistência a insetos e microorganismos;
- b) Condições ambientais, ataques de lagartas e pássaros às espigas durante o desenvolvimento no campo;
- c) Atraso na colheita, ocorrência de chuva durante o processo de secagem natural e durante a própria colheita;

- d) Tipo de colheita, manual ou mecanizada, e regulação da colhedora;
- e) Método e temperatura de secagem artificial;
- f) Combate a pragas de grãos, ocorrência de fungos e condições gerais de armazenamento.

Os insetos constituem o principal fator de perdas nos grãos durante o período de armazenagem e, por isso, é importante conhecê-los, diferenciá-los, aprender como causam danos e como combatê-los.

11.5 Principais pragas dos grãos armazenados

São várias as espécies de insetos que se alimentam dos grãos de milho, porém o gorgulho ou caruncho, *Sitophilus zeamais* e a traça-dos-cereais, *Sitotroga cerearella*, são responsáveis pela maior parte das perdas. Embora ainda não seja encontrada no Brasil, devido aos grandes prejuízos que vem causando ao milho armazenado, no México e em países da América Central e da América do Sul, bem como em alguns países africanos, deve-se prestar atenção à broca-grande-do-grão, *Prostephanus truncatus*, a fim de evitar sua entrada no país (Figura 11.1).

A migração do *Prostephanus truncatus* pode-se dar por processos naturais, deslocando-se pouco a pouco, através de vôos curtos em busca de alimento, entrando em outros países pelas fronteiras agrícolas. Entretanto, no caso de grãos armazenados, o mais provável é que a migração se dê através do comércio de grãos infestados, transportados de um país para outro, por terra ou pelo mar. Como esse inseto é adaptado às regiões mais quentes e secas do México, da América Central e da África, além de já

ter sido encontrado no Peru e na Colômbia, e como as condições climáticas de várias regiões brasileiras são propícias ao seu desenvolvimento, todo cuidado deve ser tomado para que o *Prostephanus truncatus* nunca chegue e se estabeleça aqui. Há registros de que, em seis meses, as perdas provocadas por esse inseto chegam a 34 e a 40%, em milho armazenado em espigas, na Tanzânia e na Nicarágua, respectivamente.

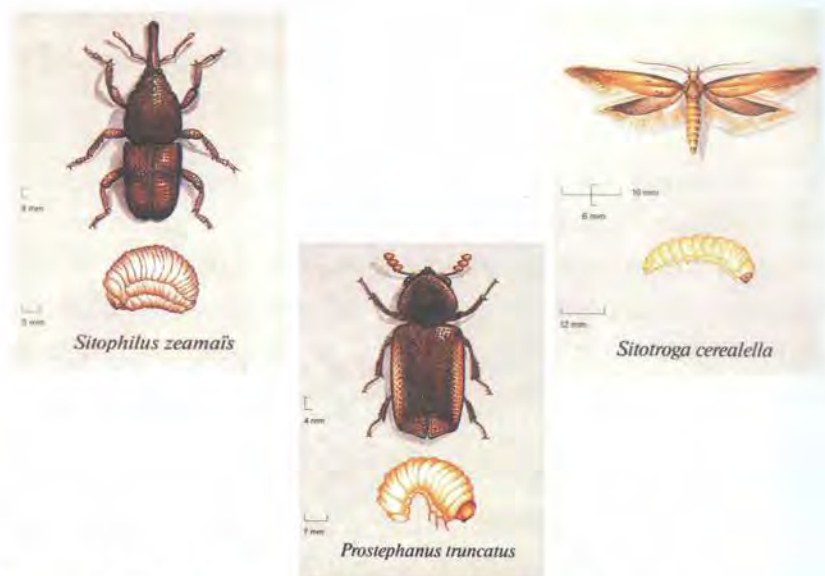


Figura 11.1. Principais pragas do grão de milho.

11.6 Conseqüências do ataque de insetos

Os insetos se alimentam dos grãos e provocam grandes perdas as quais podem ser consideradas sob diferentes aspectos.

11.6.1 Perda de peso dos grãos

De acordo com um levantamento feito por amostragem, em milho armazenado em espigas, em Minas Gerais (SANTOS et

al., 1983), verificou-se que entre a colheita (maio/junho) e os meses de agosto, novembro e março do ano seguinte, o índice de danos (grãos carunchados) causados pelos insetos ao milho estocado em paiol atingiu 17,3%, 36,4% e 44,5%, respectivamente (Tabela 11.1). A esses índices de carunchamento corresponderam reduções no peso de 3,1%, 10,4% e 14,3%, como pode ser observado na Tabela 11.1. No Estado do Espírito Santo, observou-se um dano de 36% (SANTOS et al., 1988a) e, no Paraná, de 36,5%, no período entre a colheita e o armazenamento por seis a sete meses; em São Paulo, de 36,2%, em Santa Catarina, de 29,8% e no Rio Grande do Sul, de 36,2% (SANTOS, 1992).

Para cada unidade percentual de dano, isto é, grãos danificados pelo caruncho ou pela traça, há um correspondente de perda de peso, o qual varia um pouco, dependendo das características da cultivar. Essa perda pode ser avaliada em laboratório, utilizando balanças de precisão. No campo, normalmente não se dispõe de uma balança com a precisão necessária para se determinar essas perdas. Por isso, desenvolveu-se um estudo visando estabelecer um método para estimar o percentual de redução de peso em um lote de grãos, tendo-se como base o percentual de grãos danificados por insetos (SANTOS e OLIVEIRA, 1991).

O ajustamento dos dados a um modelo de regressão linear resultou na equação $y = -0,82 + 0,284x$, com R^2 acima de 90%, em que "x" representa a porcentagem de grãos carunchados (grãos com orifício de emergência) e "y", a porcentagem de perda em peso. Com base na equação, elaborou-se a Tabela 11.2, que possibilita conhecer o percentual de redução de peso para qualquer valor entre três e 92% de grãos carunchados. A porcentagem de grãos danificados (carunchados) pode ser obtida através de uma amostragem bem conduzida e da contagem de grãos danificados

e grãos intactos. Usando-se a Tabela 11.2, é possível estimar a perda de peso causada pelos insetos-pragas, sem o uso de balança. Basta que se conheça a porcentagem de grãos danificados.

Tabela 11.1. Danos causados por insetos ao milho armazenado em paióis, em Minas Gerais.

Tipo de dano	Épocas de avaliação		
	Agosto	Novembro	Março
Grãos danificados ¹ (%)	17,3	36,4	44,5
Perda de peso nos grãos danificados (%)	17,8	20,6	32,2
Perda de peso em relação ao total armazenado (%)	3,1	10,4	14,3

Fonte: Santos (1992). ¹Grãos danificados por carunchos (*Sitophilus* sp) e traçado-milho (*Sitotroga cerealella*).

Tabela 11.2. Perda de peso em grãos de milho causada pelo dano de insetos. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

% de grãos danificados (x)	% de redução de peso (y)	% de grãos danificados (x)	% de redução de peso (y)
5	0,60	50	13,38
10	2,02	55	14,80
15	3,44	60	16,22
20	4,86	65	17,64
25	6,28	70	19,06
30	7,70	75	20,48
35	9,12	80	21,90
40	10,54	85	23,32
45	11,96	90	24,74

Equação para o cálculo da redução de peso: $y = - 0,82 + 0,284x$
 $x =$ % de grãos danificados (grãos com orifício de emergência)
 $y =$ redução de peso pelo ataque de insetos.

11.6.2. Perda do poder germinativo e do vigor da semente

O ataque dos insetos às sementes inicia-se pela região do embrião, onde o ovo é depositado. Do ovo nascem as larvas, que completam seu desenvolvimento dentro da semente. Na Tabela 11.3, observa-se que todas as fases de desenvolvimento do caruncho (gorgulho) do milho causaram redução significativa na germinação, sendo a redução em função da idade do inseto no interior da semente (SANTOS et al., 1990).

Tabela 11.3. Efeito do caruncho, *Sitophilus zeamais*, sobre a germinação de sementes de milho.

Tratamentos (instares)	Idade dos insetos (dias)	Sementes danificadas (%) ¹	Plantas normais (%) ²	Plantas anormais (%)	Sementes mortas (%)
1. Pupa/adulto	41-46	87,0	02 f	04	94
2. Pupa/adulto	35-40	45,5	01 f	01	98
3. Pupa/adulto	29-34	11,0	25 e	27	48
4. L. 4 ^o instar	23-28	0,0	35 d	22	43
5. L. 3 ^o instar	17-22	0,0	63 c	17	20
6. L. 2 ^o instar	11-16	0,0	65 c	12	23
7. L. 1 ^o instar	5-10	0,0	72 c	12	16
8. Ovo	0-5	0,0	82 b	02	16
9. Testemunha	-	-	95 a	03	02

Fonte: Santos et al. (1990)

¹É a porcentagem de sementes cujos insetos já haviam emergido até o dia do teste. ²Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A simples presença do ovo, depositado no interior da semente, causou significativa perda, reduzindo a germinação de 95% (testemunha) para 82%, ou seja, uma redução de 13%.

Um lote de sementes cujos insetos em seu interior estavam na fase de larva de primeiro instar (5 a 10 dias) teve uma redução de 23% na germinação, enquanto as larvas de segundo instar (11 a 16 dias) provocaram uma redução de 30%, larvas de terceiro instar (17 a 22 dias), 32%, larvas de quarto instar (23 a 28 dias), 60%, pupa/adulto (29 a 34 dias) em 70%, pupa/adulto (35 a 40 e 41 a 46 dias), 94 e 93% (Tabela 11.3) (SANTOS et al., 1990).

A redução da germinação (plantas normais) foi acompanhada por aumento na porcentagem de sementes não germinadas, o que indica que o caruncho causou danos substanciais a partes vitais do embrião (Tabela 11.3). Em todos os tratamentos, principalmente quando havia sementes já com orifício de emergência dos insetos adultos, houve intenso aparecimento de fungos nas sementes durante os testes de germinação, o que pode ter contribuído para a redução do poder germinativo.

11.6.3 Perda do valor nutritivo

O valor nutritivo de um lote de grãos infestados por carunchos pode ser determinado in vivo, por meio de testes de alimentação, ou in vitro, através da avaliação de digestibilidade da proteína e de análises químicas.

Em um teste de alimentação com uma variedade de rato albino (*Mus musculus*) distribuíram-se lotes de dez ratos em quatro dietas diferentes. Essas dietas continham 20% de complexo protéico e vitamínico mais 80% de fubá de milho com diferentes padrões de qualidade, medida pela variação da redução do peso

em função do ataque de carunchos, conforme se pode observar na Tabela 11.4.

O milho que fez parte da dieta 1 era integral, ou seja, totalmente isento de dano de insetos e, por isso, com 0% de perda de peso. No período de 25 dias, o consumo médio da dieta 1 por animal foi de 73,70g, sendo que essa quantidade garantiu um ganho de peso de 4,580g, considerado como o máximo possível de se ganhar (100%), em razão de ser a dieta de melhor qualidade. As outras dietas (2, 3 e 4), cujo fubá se originou de milho de pior qualidade, foram menos consumidas e proporcionaram menores ganhos de peso. A dieta 4, cujo milho estava com 25,9% de redução de peso, foi a menos consumida (46,71g) e provocou uma redução de 1,442 g, ou seja, 31%, no peso inicial dos ratos (Tabela 11.4).

Tabela 11.4. Ganho de peso de ratos após 25 dias de alimentação com uma ração protéica balanceada, porém com 80% do milho com diferentes níveis de perda de peso em função do ataque de insetos.

<i>Qualidade do milho (% perda de peso)¹</i>	<i>Consumo médio de ração (g)</i>	<i>Ganho de peso dos animais (g)</i>	<i>Ganho de peso (%)</i>
<i>Dieta 1 - 0,00</i>	73,70	4.580	100
<i>Dieta 2 - 2,5</i>	70,33	3.283	71
<i>Dieta 3 - 6,8</i>	62,50	1.887	41
<i>Dieta 4 - 25,9</i>	46,71	-1.442	-31

¹Porcentagem de perda de peso em função do ataque de insetos.

Pode-se ressaltar que a redução no ganho de peso dos ratos não foi devido a diferentes teores de proteína na dieta balanceada, mas, provavelmente, devido à redução no consumo e à digestibilidade da dieta da qual fez parte o milho de pior qualida-

de. Esse fato parece indicar que grãos com alta infestação produziram uma ração menos aceitável pelos ratos do que a preparada com milho isento de ataque de insetos. Se essa relação for verdadeira para animais como suínos, aves, bovinos, eqüinos, dentre outros, fica evidenciado que se deve evitar a inclusão de grãos infestados nas rações.

Em outro trabalho, Vilela et al. (1988) observaram alterações do valor nutritivo de milho em função do ataque de insetos durante o armazenamento em paiol. No período de um ano e a intervalos de quatro meses, amostras de grãos foram obtidas de milho armazenado em diferentes regiões do estado de Minas Gerais. Observou-se que os teores de carboidratos solúveis decresceram de 73,30% para 29,25%, em 12 meses de armazenamento. No mesmo período, a digestibilidade "in vitro" da matéria orgânica (DIVMO) do grão de milho passou de 78,47% para 33,30% (Tabela 11.5). Por outro lado, os teores de proteína bruta e de lipídios aumentaram, provavelmente devido à preferência dos insetos por se alimentarem do endosperma em vez do embrião, que é mais rico em proteína e óleo.

11.6.4 Perda quanto à redução do padrão comercial

Para racionalizar o sistema de comercialização e informação do mercado de milho, os grãos devem ser classificados segundo a qualidade, definida através de padrões pré-fixados, representados por tipos de valores decrescentes. A classificação do milho é feita com base em normas ditadas por portaria do Ministério da Agricultura. Seu objetivo é determinar a qualidade do produto, garantindo a comercialização por preço justo. Para cada tipo, há um valor correspondente. Assim, paga-se mais por um produto de melhor qualidade e penaliza-se o de qualidade inferior.

Tabela 11.5. Digestibilidade "in vitro" da matéria orgânica (DIVMO) de grãos de milho em função do tempo de armazenamento e das regiões amostradas.

Regiões de Minas Gerais	DIVMO (%) ¹			
	Maio	Outubro	Abril (ano seguinte)	Média
Norte	78,1 Aa	45,5 Bb	31,5 Cb	52,0
Sul	78,5 Aa	48,3 Ba	34,6 Ca	54,8
Leste	78,6 Aa	48,6 Ba	34,5 Ca	53,9
Oeste	78,7 Aa	46,4 Bb	32,6 Cb	52,5

Fonte: Vilela et al. (1988) ¹ Letras maiúsculas referem-se às regiões e minúsculas, aos meses. Médias seguidas de letras maiúsculas iguais não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O milho, segundo a sua qualidade, é classificado em Tipo 1, Tipo 2 e Tipo 3. Um lote de grãos de milho, que, pelas suas características, não se enquadrar em nenhum dos tipos descritos, será classificado como Abaixo do Padrão - AP, desde que apresente bom estado de conservação. O milho classificado como AP poderá, conforme o caso, ser rebeneficiado, eliminando alguns defeitos e podendo se enquadrar num dos tipos anteriores. Deverão constar do laudo da classificação os motivos que deram lugar à denominação Abaixo do Padrão.

Será desclassificado todo o milho que apresentar: a) mau estado de conservação; b) aspecto generalizado de mofo e/ou fermentação; c) sementes de mamona ou outras que possam ser prejudiciais à utilização normal do produto; d) odor estranho, de qualquer natureza, impróprio ao produto, prejudicial à sua utilização normal. Deverão ser declarados no Certificado de Classificação os motivos que derem lugar à desclassificação.

No Sudoeste Paranaense, freqüentemente na época da colheita, no período do inverno, o clima é frio e úmido, devido à ocorrência de neblina e chuvas. A alta umidade relativa retarda a secagem natural do milho no campo. Conseqüentemente, os produtores daquela região, em sua grande maioria, colhem o milho com teor de umidade relativamente alto, isto é, em torno de 16 a 18% de umidade. A colheita é predominantemente manual e o milho é armazenado em espigas com palha.

Realizou-se um levantamento em propriedades rurais daquela região (SANTOS et al., 1988b), visando determinar o nível de perdas causadas pelas pragas de grãos armazenados. Um dos parâmetros observados foi a classificação das amostras quanto ao tipo comercial. Pela Tabela 11.6, pode-se observar que em apenas 13% das propriedades o milho foi classificado como Tipo 1. Apresentou Tipo 2 também em outros 13% das propriedades. Entretanto, pela Tabela 11.6, observa-se, ainda, que 47% das amostras foram consideradas como Abaixo do Padrão (Tipo AP) e 27% foram classificadas como Tipo 3, último tipo para que, na comercialização, exista um valor de referência.

Deve-se ressaltar que todas as amostras foram coletadas e debulhadas manualmente. Isso pode indicar que, se o mesmo milho fosse trilhado à máquina, aumentariam os fragmentos e grãos quebrados, e aqueles 27% de amostras classificados como Tipo 3 poderiam somar-se àquelas do Tipo AP. Então, seriam 74% das propriedades que, já em outubro, metade do período de armazenagem, estariam com o milho desclassificado. De acordo com a Claspas, órgão da Secretaria de Agricultura do Estado do Paraná na época em que se realizaram as análises, o ataque de insetos ou a presença de grãos carunchados foi o defeito mais sério e determinou o tipo em 92% das amostras.

Tabela 11.6. Classificação comercial das amostras de milho retiradas de paióis, em municípios do estado do Paraná.

Defeitos ¹	Classificação por tipos					Total (%)
	T1	T2	T3	AP	Total	
Matérias estranhas	-	-	-	-	-	-
Impurezas	-	-	-	1	1	1
Fragmentos	-	-	-	-	-	-
Quebrados	-	-	-	-	-	-
Chochos	-	-	-	-	-	-
Carunchados ²	11	10	21	36	78	92
Ardidos	-	1	2	3	6	7
Queimados	-	-	-	-	-	-
Total	11	11	23	40	85	100
Total (%)	13	13	27	47	100	-

Fonte: Santos et al. (1988b).

¹São os defeitos que determinaram o tipo

²Grãos carunchados determinaram tipo em 92% das amostras.

11.6.5 Perda da qualidade por contaminação da massa de grãos

Além das perdas já mencionadas anteriormente, o ataque de insetos ainda altera o odor e o sabor natural dos grãos e dos produtos derivados. A presença de insetos vivos ou mortos ou partes do seu corpo, como patas, asas e escamas, além das excreções que permanecem na massa de grãos, constituem contaminantes. Essas matérias estranhas frequentemente excedem os limites de tolerância, tornando os grãos ou seus produtos impróprios para o consumo humano ou até mesmo animal.

11.6.6 Perdas provocadas por fungos

Os fungos estão sempre presentes nos grãos armazenados, constituindo, juntamente com os insetos, as principais causas de deterioração e perdas constatadas durante o armazenamento (Figura 11.2). Os fungos são propagados por esporos, que têm nos insetos-pragas de grãos um dos principais agentes disseminadores.



Figura 11.2. Espiga e grãos com danos por insetos e fungos.

Os fungos que atacam os grãos antes da colheita, como *Fusarium*, e *Helminthosporium*, são chamados de fungos de campo e requerem grãos com alta umidade ($> 20\%$) para se multiplicarem. Os fungos de armazenamento, como o *Aspergillus* e o *Penicillium*, contaminam os grãos após a colheita e têm a capacidade de viver associados a grãos com teor de umidade mais baixo (13 a 13,5%) e temperaturas mais elevadas (25°C).

Os principais fatores que afetam a atividade dos fungos nos grãos armazenados são: umidade, temperatura, taxa de oxigênio, danos mecânicos, impurezas e ataque de insetos.

A infestação de insetos provoca danos ao tegumento dos grãos, produz gás carbônico (CO_2) e água (H_2O), contribuindo para o aumento do teor de umidade, que, por sua vez, aumenta a respiração dos grãos e, conseqüentemente, a temperatura, facilitando a multiplicação dos fungos.

Agrawal (1957), em trigo, e Matioli e Almeida (1979), em milho, verificaram aumentos significativos no teor de umidade e contaminação por fungos em grãos atacados por carunchos. De tal forma, pode-se considerar que o ataque de insetos aos grãos

constitui, conseqüentemente, também um problema de fungos, conforme afirmou Puzzi (1986).

Pesquisas realizadas na Embrapa Milho e Sorgo demonstraram que o combate aos insetos é fundamental para a eficácia de fungicidas. Na ausência do inseticida, os insetos danificam os grãos e expõem as partes internas, facilitando o desenvolvimento de fungos, a despeito de os grãos ou sementes terem sido tratados com fungicidas.

11.7 Medidas preventivas contra a ocorrência de pragas

O controle preventivo constitui um passo importante para o sucesso de um programa de manejo integrado de pragas em grãos armazenados. Para implementar um efetivo programa de manejo integrado, com redução do potencial de infestação, torna-se necessário que a gerência da unidade armazenadora se conscientize da importância da influência dos fatores ecológicos, como temperatura, teor de umidade do grão, a umidade relativa do ambiente e o período de armazenagem, envolvidos no sistema. Da mesma maneira, a escolha da cultivar, o processo de colheita, a recepção e limpeza, a secagem de grãos, a aeração e refrigeração, são fatores também importantes para o controle preventivo das pragas de grãos armazenados.

Uma característica positiva dos grãos é a possibilidade de serem armazenados por longo período de tempo, sem perdas significativas da qualidade. Sobre o ambiente dos grãos armazenados exercem grande influência os fatores como temperatura, umidade, disponibilidade de oxigênio, microorganismos, insetos, roedores e pássaros.

11.8 Influência da cultivar na qualidade dos grãos

De modo geral, as cultivares que produzem grãos mais duros são mais resistentes ao ataque de pragas. Fatores como o empalhamento, a dureza do grão e a concentração em ácidos fenólicos são preponderantes para a menor incidência de pragas, as quais iniciam o ataque no campo, mas é no armazém que se multiplicam em grande número e causam os maiores danos.

É desejável que a cultivar tenha bom empalhamento e cubra bem a ponta da espiga, pois essa característica evita dano por insetos e por fungos que propiciam a ocorrência de grãos ardidos, que tenha maior teor de ácidos fenólicos e, conseqüentemente, grãos mais duros, para dificultar o ataque de pragas durante o armazenamento.

11.9 Efeito da temperatura e umidade sobre os insetos

A temperatura e a umidade do ambiente constituem elementos determinantes na ocorrência de insetos e fungos durante o armazenamento. A maioria das espécies de insetos e de fungos reduz sua atividade biológica a 15 °C. E a aeração, que consiste em forçar a passagem de ar através da massa de grãos, constitui uma operação fundamental para abaixar e uniformizar a temperatura da massa de grãos armazenados. O teor de umidade do grão é outro ponto crítico para uma armazenagem de qualidade. Grãos com altos teores de umidade tornam-se muito vulneráveis a serem colonizados por altas populações de insetos e fungos. Para uma armazenagem segura, é necessário secar o grão, forçando a passagem do ar aquecido através da massa de grãos ou secando-o com ar natural. Embora o fluxo de ar durante a aeração seja tão baixo ao ponto de não reduzir a umidade do grão (quando realizado à temperatura natural), deve-se ter cuidado, porque uma

aeração excessiva poderá reduzir o teor de umidade e, conseqüentemente, o peso. O desenvolvimento de insetos e fungos acelera-se rapidamente sob as condições ideais de temperatura e umidade, impondo limites no tempo para uma armazenagem segura. A Tabela 11.7 ilustra o tempo para armazenagem segura para milho, em função do desenvolvimento de insetos e fungos.

Tabela 11.7. Influência do resfriamento na perda de matéria seca, considerando 1.000 t de milho a 15% de umidade e tempo de armazenamento de 30 dias.

<i>Condições ambientais</i>	<i>Temperatura</i>	<i>Perda matéria seca</i>
<i>Temperatura ambiente - alta</i>	35°C	0,54% (= 5,4 t)
<i>Temperatura ambiente - média</i>	25°C	0,12% (= 1,2 t)
<i>Grãos resfriados</i>	10°C	0,02% (= 0,2 t)

Fonte: Heinrich (1989). Em regiões de clima temperado.

Grãos com umidade adequada e uniformemente distribuída por toda a massa podem permanecer armazenados com segurança por longo período de tempo. Quando não houver aeração, a umidade migra de um ponto para outro. Essa movimentação da umidade ocorre em função de diferenças significativas na temperatura dentro da massa de grãos, provocando correntes de convecção de ar, criando pontos de alta umidade relativa e alto teor de umidade no grão e, conseqüentemente, pontos com condições ambientais favoráveis para o desenvolvimento de insetos e fungos. Portanto, a aeração exerce uma função essencial tanto para manter a temperatura e a umidade no ponto desejado quanto para uniformizar e distribuir esses fatores na massa de grãos. Conclui-se, portanto, que estabilidade da umidade e temperatura é fundamental para o controle preventivo da ocorrência de insetos e fungos.

11.10 Importância do monitoramento no manejo da infestação

Monitorar significa obter o registro por amostragem da ocorrência de insetos, ou de outro organismo, com frequência previamente definida, ao longo de um período de tempo e sob determinadas condições ambientais. Qualquer fator que influencia na movimentação dos insetos afeta a amostragem e, portanto, deve ser registrado. A magnitude dos efeitos depende principalmente da espécie do inseto a ser capturada, da temperatura, do tipo e umidade do grão. Portanto, amostragem é o ponto crítico de qualquer programa de monitoramento visando um controle de pragas em grãos armazenados.

Existem diversos tipos de armadilhas que se mostram eficientes para detectar a presença de insetos adultos.

11.11 Ações para prevenir e/ou controlar as pragas

Além da observância de aspectos importantes, como a escolha da cultivar, colher no momento adequado e promover a limpeza dos armazéns, ainda existem outras práticas que contribuem para prevenir.

11.11.1 Efeito da aeração

O uso da aeração para inibir o desenvolvimento de pragas já vem, há muito tempo, sendo adotado. A aeração pode reduzir a temperatura da massa de grãos a um valor que inibe a multiplicação dos insetos, conforme observaram Sutherland (1968) e Reed et al. (2000). Porém, algumas espécies de insetos são mais adaptadas às condições de temperaturas mais baixas e o efeito da aeração, somente, não é capaz de reprimir o desenvolvimento populacional

de algumas espécies. A aeração deve ser realizada quando a temperatura do ar estiver mais baixa e o ar mais seco. Ela pode ser realizada de forma contínua ou em intervalos de tempo determinados, considerando-se faixas de temperatura ideal, ou mesmo baseando-se na diferença entre a temperatura do ar ambiente e temperatura dos grãos.

11.11.2 Efeito do resfriamento

No processo de resfriamento, o ar frio e seco tem sua passagem forçada pela massa de grãos armazenados em silos, que podem ser de diferentes tamanhos. Normalmente, uma vez que o grão tenha sido resfriado, ele assim permanece por vários meses. Além da redução de custos de secagem, de reduzir perdas fisiológicas pela respiração do grão e manter alta qualidade, o resfriamento do grão oferece excelente proteção contra insetos.

Mesmo após a colheita, os grãos continuam a respirar. O oxigênio é absorvido e, durante o metabolismo, os carboidratos se transformam em gás carbônico, água e calor, havendo perda de matéria seca e, conseqüentemente, perda de peso. A produção de calor e a intensidade da respiração dependem, portanto, da temperatura e do teor de umidade do grão. A influência do resfriamento sobre a perda de matéria seca e a conseqüente perda de peso podem ser observadas na Tabela 11.7. Tomando-se, por exemplo, uma quantidade de 1.000 toneladas de grãos com o teor de umidade de 15% e uma temperatura de armazenagem de 35°C, a perda de matéria seca, após, um mês de armazenado, será de cerca de 5,4t. Se esse lote de grãos estivesse mais úmido, as perdas seriam ainda muito maiores. Se a temperatura de armazenagem for reduzida para 10°C, essas perdas cairiam para 0,2t. Isso mostra que o resfriamento dos grãos pode reduzir a perda

de matéria seca em torno de 80 a 90%, em apenas um mês de armazenagem

Inicialmente, o resfriamento dos grãos era usado para condicionar sementes e/ou grãos colhidos muito úmidos, enquanto aguardavam pela entrada no secador. Atualmente, proporcionalmente, mais grãos secos do que úmidos são resfriados como forma de controlar o desenvolvimento dos insetos. Na faixa de temperatura que vai de 17 a 21°C, o ciclo biológico, isto é, o tempo de desenvolvimento de ovo a adulto, leva próximo de 100 dias. Temperaturas acima de 21°C, ou em torno de 25 a 30°C, oferecem as condições ideais para diferentes espécies de insetos se desenvolverem. A atividade dos insetos, bem como sua multiplicação, é suspensa à temperatura em torno de 13°C. O controle químico de insetos torna-se desnecessário quando os grãos estão refrigerados e cuja temperatura está abaixo de 17°C, além de se dispensar transilagem. Dependendo do tipo de estrutura, uma vez que o grão tenha sido resfriado, assim ele permanecerá por vários meses, conforme ilustra a Tabela 11.8. Nesse caso, grãos com 15,5 a 17,5% de umidade, uma vez resfriados a 10°C, permanecem, sem sofrer aquecimento, suficiente para causar danos, por até 10 meses.

A quantidade de energia para resfriar o grão depende de vários fatores, como o teor de umidade e a temperatura da massa de grãos. Grãos mais úmidos são mais fáceis de serem resfriados do que grãos secos. Outros fatores importantes são a temperatura do ar ambiente e a umidade relativa do ar.

11.11.3 Higienização espacial

Para prevenir e controlar a infestação, é preciso conhecer onde os insetos ocorrem ou se escondem. Levantamentos têm

demonstrado que a maioria das unidades armazenadoras, mesmo vazias, são infestadas por insetos de diferentes espécies e por ácaros. Alimentos para animais, como rações, e equipamentos agrícolas, como carretas transportadoras de grãos, constituem outras fontes de infestação.

Tabela 11.8. Tempo de duração, ou intervalo necessário para novo resfriamento para garantir a qualidade do milho, a partir de uma refrigeração inicial de 10°C.

<i>Teor de umidade do grão</i>	<i>Tempo de duração até novo resfriamento</i>
<i>12,0 a 15,0%</i>	Aproximadamente 08 a 12 meses
<i>15,5 a 17,5%</i>	Aproximadamente 06 a 10 meses
<i>17,5 a 18,5%</i>	Aproximadamente 04 a 06 meses
<i>18,5 a 20,0%</i>	Aproximadamente 01 a 04 meses
<i>20,0 a 23,0%</i>	Aproximadamente 02 a 08 semanas

Fonte: Heinrich (1989).

Muitos insetos são dotados de grande capacidade de vôo, o que aumenta sua condição de infestar os grãos armazenados. Para evitar maiores problemas durante a armazenagem, algumas medidas preventivas devem ser tomadas:

- Promover uma boa limpeza dos grãos antes de serem armazenados, isto porque os insetos têm mais dificuldades de infestar grãos limpos;
- Limpar toda a estrutura, de preferência utilizando jatos de ar, para desalojar a sujeira das paredes e dos equipamentos, e recolher todo o material fino com aspirador de pó;

- Inspeccionar todo o teto e consertar toda e qualquer possibilidade de goteira antes de carregar o silo ou armazém;
- Não permitir acúmulo de lixo, dentro ou mesmo fora da unidade armazenadora;
- Pulverizar as paredes, tetos e piso de unidades armazenadoras vazias com produto inseticida registrado e aprovado tecnicamente para essa finalidade;
- Monitorar a temperatura da massa de grãos, a umidade do grão e a presença dos insetos em pontos críticos do silo;
- Somente armazenar grãos de safra nova em estrutura vazia e que tenha passado por uma higienização geral e nunca misturar grãos novos com velhos;
- Lembrar sempre que grãos, submetidos à aeração programada, ou melhor ainda se refrigerados, nunca se deterioram.

Pesquisas visando testar a eficiência de diferentes inseticidas, aplicados sobre superfícies de diferentes naturezas, bem como visando avaliar o efeito residual em operações de higienização espacial, indicaram grande eficiência dos produtos Deltametrina 2,5 CE, Pirimiphos metil 50 CE e Bifentrina 25 CE, quando aplicados sobre superfície de madeira,, alvenaria, cerâmica, tecido de algodão, de juta, de plástico trançado, de papel (tipo sacaria de semente).

A nebulização é uma prática que consiste na aplicação de um inseticida, na forma de micropartículas, que são lançadas numa corrente de fumaça produzida por um equipamento que queima óleo mineral, produz e lança no ambiente um jato de fumaça..

Essa fumaça, de baixa densidade, carrega as micropartículas de inseticida para os pontos mais altos da unidade armazenadora, onde normalmente não são atingidos por pulverização. Esse tipo de tratamento visa controlar especialmente os insetos voadores, como as mariposas, que se alojam nos pontos mais altos da unidade armazenadora. A dose do inseticida, na operação de nebulização, é calculada em função do volume (m^3) de espaço interno da estrutura que será ocupada pela fumaça. A Tabela 11.10 indica doses para alguns inseticidas.

11.12 Formas de armazenamento e recomendações para redução de perdas

Os insetos-pragas de grãos armazenados constituem os principais agentes causadores de perdas durante o armazenamento. São várias espécies diferentes e o método de combate a ser empregado depende do tipo de armazenamento adotado.

11.12.1 Silagem da planta inteira

A silagem de milho preparada a partir da planta inteira picada é uma forma de armazenar alimento para bovinos de leite e carne, além de outros ruminantes (CRUZ et al., 2001). O ponto de colheita é quando o teor de matéria seca acumulado está em torno de 30 a 35%. A operação de colheita e ensilagem é toda mecanizada. A silagem possui uma série de vantagens do ponto de vista nutricional, mas há que destacar sua grande vantagem no aspecto de qualidade sanitária. A conservação da silagem se baseia no processo de fermentação e, nessas condições, não há desenvolvimento de fungos produtores de micotoxinas. Pela mesma razão, não há desenvolvimento de insetos. Portanto, a silagem de milho, ou de sorgo, é uma excelente opção para armazenagem de alimentos ricos em proteínas, óleos e fibras livres de

micotoxinas, de insetos e resíduos tóxicos e, por isso, é a alternativa recomendável para alimentação de animais produtores de carne e leite, no sistema orgânico.

11.12.2 Silagem de grãos úmidos

A silagem de milho preparada com grão úmido, cujo teor de umidade deve estar entre 30 e 40%, é uma técnica diferente da silagem feita a partir da planta inteira picada. Nesse caso, somente os grãos são colhidos, seja mecanicamente ou manualmente (não incluindo folhas e caule), debulhados e moídos em um moinho de martelo adaptado para moer grãos úmidos. O material moído é ensilado e compactado. É importante ressaltar que a silagem de grãos úmidos é uma técnica desenvolvida visando, especialmente, à alimentação de suínos. A silagem de grãos úmidos na alimentação de suínos apresenta uma série de vantagens do ponto de vista nutricional, principalmente porque tem maior digestibilidade, mas há de se destacar, também, sua grande vantagem no aspecto de qualidade sanitária (SOUZA, 2002). A conservação da silagem de grãos úmidos se baseia no processo de fermentação e, nessas condições, não há desenvolvimento de fungos produtores de micotoxinas. Pela mesma razão, não há desenvolvimento de insetos. Portanto, a silagem de milho a partir de grão com alta umidade é uma excelente opção para armazenagem de alimentos ricos em proteínas, óleos e fibras livres de micotoxinas, de insetos e resíduos tóxicos e, por isso, é a alternativa recomendável para alimentação de suínos no sistema orgânico.

11.12.3 Armazenamento a granel

O armazenamento de milho a granel, em estruturas com sistemas de termometria e aeração forçada, é o método que per-

mite melhor qualidade do produto. Para se ter sucesso nesse tipo de armazenamento, são necessários alguns procedimentos, como a limpeza e a secagem dos grãos, a aeração e o controle das pragas. Silos para armazenamento a granel podem ser construídos com chapas metálicas ou de concreto.

O armazenamento de milho a granel é o mais indicado, podendo também ser utilizado com sucesso por pequenos e médios produtores. Um silo de alvenaria que viabiliza o armazenamento de 100 a 200 toneladas de milho a granel, em fazendas, foi idealizado por Hara & Correa (1981). Pesquisadores da Embrapa Milho e Sorgo introduziram modificações (cobertura com laje pré-fabricada) nesse modelo de silo, para permitir o uso da fumigação como método de combate de pragas. A indústria de silos metálicos fabrica estruturas de tamanho médio e econômico, que possibilitam aos produtores de suínos e aves armazenar milho a granel em suas propriedades. O sucesso na utilização desses tipos de silo de porte pequeno e médio (Figura 11.3) está na possibilidade de se armazenar o milho colhido com 14 a 15% de umidade, completar a secagem com aeração natural e fazer o expurgo após os silos terem sido carregados.

O expurgo com fosfina, na dose recomendada na Tabela 11.9, é um método de comprovada eficiência para se controlar os insetos no milho armazenado a granel. O expurgo é um método eficiente e barato, porém deve ser praticado somente por pessoas habilitadas, em ambientes herméticos, para não ocorrer escape de gás durante a operação.



Figura 11.3. Silos para armazenagem na propriedade familiar.

Na Tabela 11.10, são mostrados os resultados da avaliação da evolução de infestações que ocorreram dentro de dois silos de alvenaria, durante 220 dias de armazenamento, quando se adotaram dois métodos de controle dos insetos (MAIA et al., 1984). No silo em que foi realizado o expurgo uma vez, no início da armazenagem, o milho se conservou bem, embora a infestação tenha aumentado um pouco. O milho tratado pela mistura direta com o inseticida pirimiphos metil manteve-se livre de insetos durante todo o período de armazenamento.

Por esses resultados, pode-se concluir que a operação de expurgo no armazenamento do milho a granel deve ser repetida a cada três meses. A mistura de inseticida aos grãos, seguindo-se as doses recomendadas na Tabela 11.9, também garante o controle dos insetos.

11.12.4 Armazenamento em sacaria

O armazenamento de milho em sacaria, em armazéns convencionais, pode ser empregado com sucesso, desde que as es-

truturas armazenadoras atendam às condições mínimas. O milho deve estar seco (13 a 13,5% de umidade) e deve haver boa ventilação na estrutura. O piso deve ser concretado e cimentado e a cobertura perfeita, com controle e proteção anti-ratos, as pilhas de sacos devem ser erguidas sobre estrados de madeira e afastadas das paredes. O combate aos insetos deve ser através de expurgo periódico e pulverização externa das pilhas de sacos, bem como de toda a estrutura, seguindo as concentrações sugeridas nas Tabelas 11.9 e 11.10. Nesse tipo de armazenamento, as perdas que ocorrem devido ao ataque de insetos podem ser minimizadas, porque os métodos para seu controle são eficientes.

Tabela 11.9. Doses e tempo de exposição para expurgo com fosfina.

Tipo de estrutura	Material a fumigar	Doses		Temperatura (°C)	Duração (dias)
		Pastilhas (3g)	Comprimidos (0,6g)		
Sob lonas plásticas	Espigas	6/carro (15 sacas)	30/carro (15 sacas)	15-20	10
	Sacaria	2 por 20 sacas 60kg	10 por 20 sacas 60 kg	20-25	07
No próprio silo	Granel	2/tonelada ou 1m ³	10/tonelada ou 1m ³	+ de 25	5

Obs.: Não se recomenda expurgo a temperatura inferior a 15°C

Tabela 11.10. Acompanhamento da infestação e teor de umidade no milho armazenado em silo de alvenaria, submetido a dois tratamentos.

<i>Forma de aplicação</i>	<i>Deltametrina – 2,5CE Bifentrina – 2,5 CE</i>	<i>Pirimiphos metil –50 CE</i>
<i>Mistura com espigas¹</i>	500 g/t de espigas	–
<i>Mistura com grãos</i>	20-40 ml/L de água/t	8-16 ml/L de água/t
<i>Sobre pilha de sacaria</i>	10 ml/L de água/20m ²	10 ml/L de água/20m ²
<i>Sobre parede de alvenaria</i>	15 ml/L de água/20m ²	15 ml/L de água/20m ²
<i>Sobre madeira</i>	10 ml/L de água/20m ²	10 ml/L de água/20m ²
<i>Nebulização</i>	10 ml/ 90ml óleo por 100m ³	5 ml/95ml óleo por 100m ³

¹Expurgo com fosfina (1g p.a./t) / 72 h, durante o enchimento do silo.

²Mistura direta do inseticida pirimiphos methyl com os grãos, na dose de 4ppm (8ml p.c./t).

³Grãos danificados por insetos.

11.12.5 Armazenamento hermético

O armazenamento em ambiente hermético é também uma alternativa não química para o armazenamento de grãos secos a granel. Nesse sistema, não há renovação do ar, e o grão, através de sua atividade respiratória, consome todo o oxigênio disponível. Na ausência de oxigênio, os insetos não sobreviverão e os fungos não se multiplicarão e, portanto, não haverá nenhum dano aos grãos durante todo o período de armazenagem. O mercado, hoje, oferece um produto chamado "Silo Bag" (Figura 11.4), que é constituído de uma máquina para transporte de grãos e uma bolsa plástica que se fecha muito bem, criando um ambiente hermético.



Figura 11.4 Armazenamento hermético em Silos "BAG"

11.12.6. Armazenamento em espigas

Da produção nacional de milho, cerca de 40% (SANTOS et al., 1994) permanecem armazenados em espigas, em paióis, para alimentação dos animais domésticos ou comercialização posterior. Esse milho, durante o armazenamento, sofre ataque de insetos e roedores, que causam grandes prejuízos. Somente insetos como o *Sitophilus zeamais* e *Sitophilus oryzae* e a *Sitotroga cerealella* provocam perdas que atingem até 15% (SANTOS et al., 1983) do peso. Essas pragas comprometem, ainda, a qualidade nutritiva do milho (Figura 11.1).

O armazenamento de milho em espigas sempre foi adotada no país. Embora seja um processo rústico, existem algumas vantagens em sua utilização:

- a) é uma forma de armazenamento que permite ao agricultor colher o milho com teor de umidade mais elevado (18%), pois ele acaba de secar no paiol, desde que esse seja bem arejado;
- b) os produtores rurais, em sua grande maioria, além de criarem suínos e aves, também criam bovinos, que, além dos grãos, alimentam-se da palha e do sabugo triturados;

c) no armazenamento em espigas, normalmente não ocorrem problemas de fungos, salvo nos casos em que o paiol é extremamente abafado e o milho tenha sido colhido com teores de umidade acima de 16%;

d) o bom empalhamento (Figura 11.5) da espiga atua como uma proteção natural dos grãos contra as pragas, enquanto que o mal empalhamento favorece o ataque de pragas (Figura 11.6).

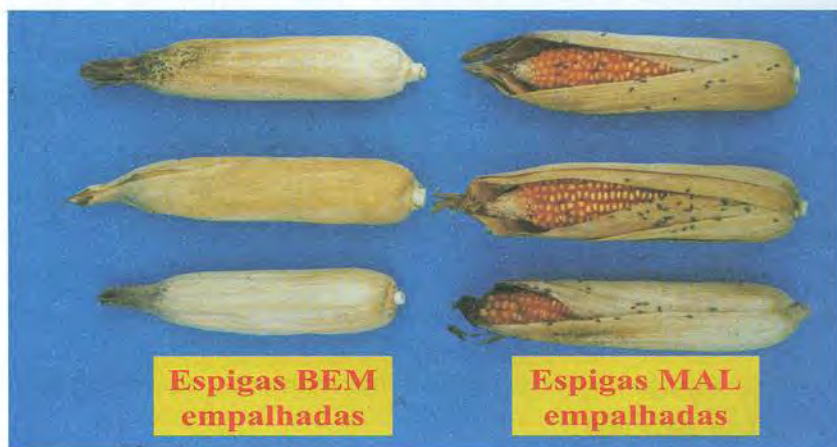


Figura 11.5. Proteção de grãos pela cobertura da espiga.



Figura 11.6. Danos por pragas em espigas mal(A) e bem(B) empalhadas.

Tabela 11.11. Recomendação de inseticidas para tratamento preventivo contra pragas de grãos armazenados.

<i>Forma de aplicação</i>	<i>Deltametrina – 2,5CE</i> <i>Bifentrina – 2,5 CE</i>	<i>Pirimiphos metil –50 CE</i>
<i>Mistura com espigas¹</i>	500 g/t de espigas	—
<i>Mistura com grãos</i>	20-40 ml/L de água/t	8-16 ml/L de água/t
<i>Sobre pilha de sacaria</i>	10 ml/L de água/20m ²	10 ml/L de água/20m ²
<i>Sobre parede de alvenaria</i>	15 ml/L de água/20m ²	15 ml/L de água/20m ²
<i>Sobre madeira</i>	10 ml/L de água/20m ²	10 ml/L de água/20m ²
<i>Nebulização</i>	10 ml/ 90ml óleo por 100m ³	5 ml/95ml óleo por 100m ³

¹K-Obiol 2 P (Deltametrina 0,2% Pó), aplicado em camadas de espigas com 25 a 30 cm de altura, na quantidade de 40 g / m² de superfície de área a ser tratada.

Como desvantagens desse tipo de armazenamento, podem-se citar:

- a) maior dificuldade de controle dos insetos;
- b) maior espaço requerido para armazenamento, devido ao maior volume estocado,
- c) aumento da mão-de-obra para manuseio no momento da utilização.

O expurgo com fosfina, sob lonas plásticas (Figura 11.7), realizado apenas uma vez, no terreiro, antes do armazenamento, reduz a menos da metade o potencial de perdas. Já o expurgo repetido a cada três meses resolve totalmente o problema do ataque de insetos. Quando o milho é armazenado em paiol comum de tábuas, de tela ou de madeira roliça (Figura 11.8), a repetição do expurgo requer que o agricultor retire o milho do paiol, faça o expurgo e guarde-o novamente. Visando reduzir essa mão-de-obra para a movimentação do milho, foram idealizados mode-

los de paióis que permitem realizar a fumigação após o armazenamento.

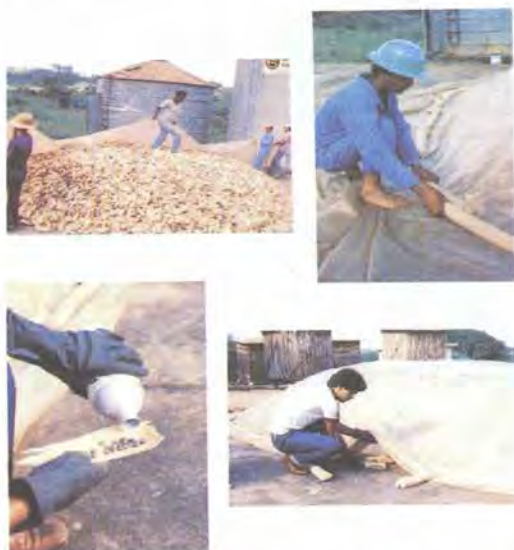


Figura 11.7. Expurgo das espigas com fosfina.

A preferência dos produtores por colher o milho em etapas, aproveitando os intervalos de colheita de outras culturas, faz aumentar o interesse por estruturas armazenadoras que permitem realizar o expurgo do milho depois de totalmente colhido e armazenado.

Uma estrutura armazenadora de milho em espiga deve reunir as seguintes características: baixo custo, barreiras contra invasão de ratos, bom arejamento, fácil controle de insetos, fácil manejo, boa durabilidade, simplicidade, ser de fácil construção e permitir o aproveitamento de material existente na fazenda.



Figura 11.8. Diferentes tipos de paióis - uso na Agricultura Familiar.

O paiol Rei-do-Mato pode ser construído da seguinte maneira: piso de chão batido, coberto com uma camada de 10 cm de brita grossa, parede com 1,5 m de altura, estruturadas com pilares de concreto e ferragens, de 2 em 2 metros, com 2,80 m de altura. O espaço entre a parede e o teto é fechado com tela e a cobertura é de telha de amianto. Na parte superior interna da parede, constrói-se uma canaleta de 8 cm de profundidade e 10 cm de largura. Essa canaleta deve ser preenchida com água, para submergir as margens da lona e promover uma perfeita vedação do ambiente na hora do expurgo.

O paiol Balaio de Milho (Figura 11.9) surgiu, recentemente, de uma parceria entre a Emater-MG e a Embrapa Milho e Sorgo. O objetivo desse paiol é disponibilizar um modelo de estrutura para armazenamento do milho em espiga que atenda às seguintes necessidades:

- Facilidade de construção;
- Baixo custo dos materiais e de mão-de-obra;
- Possibilidade de ajuste a diferentes quantidades de milho a ser armazenado;
- Possibilidade de expurgo do milho no seu interior, em qualquer momento.
- Facilidade para controle de roedores, por impedir o acesso do rato ao milho, por meio de uma barreira criada por chapa de zinco, com 0,70 m de largura.
- Favorecimento, pela circulação do ar através da tela de arame, da secagem natural do milho em espiga,
- Adequação às propriedades de agricultura familiar.



Figura 11.9. Paiol "Balaio de Milho"- a solução contra as pragas no milho armazenado em espigas na propriedade familiar.

A relação de materiais e o custo estimado de construção desse paiol, nas dimensões de 4 x 3 x 2,2 metros, ou seja, 26,4 m³, com capacidade estimada em oito carros de milho em espiga (cerca de 8 toneladas ou aproximadamente 135 sacos), são descritos em um folder de divulgação recentemente publicado pela Embrapa Milho e Sorgo (EMBRAPA, 2006). A utilização desse modelo de paiol é a solução para o problema de pragas no milho armazenado em espiga.

Mesmo com os novos modelos de paióis que facilitam o expurgo, ainda continua a haver interesse de pequenos e médios agricultores por um inseticida na forma de pó, para o tratamento do milho em espiga. Em razão disso, foi pesquisada a eficiência do inseticida piretróide deltamethrin 0,2% pó no controle de insetos-pragas de milho armazenado em espigas. Considerando-se os bons resultados obtidos nas pesquisas (Tabela 11.12) e a concessão, pelo Ministério da Agricultura, do registro de deltamethrin 0,2% pó para uso no milho em espiga, elaborou-se um programa de testes avançados (unidades de observação) junto ao Serviço de Extensão Rural de alguns estados. Esses testes, em número de 191, foram conduzidos em Minas Gerais (53), São Paulo (57), Paraná (18), Santa Catarina (22) e Rio Grande do Sul (27). Os resultados obtidos nas unidades de observação indicaram que o uso do deltamethrin 0,2% pó (K-Obiol), aplicado como ilustrado na Figura 11.10, reduziu o dano médio cerca de quatro vezes (Tabela 11.13).

FORMA DE APLICAÇÃO



1) Limpe e higienize o piso do paiol. Aplique K-Obiol 2P sobre o piso.



2) Faça marcas a cada 25cm na parede do paiol.



3) Perfure a tampa da embalagem com um objeto pontiagudo.



4) Coloque uma camada de milho até a primeira marca (25cm). Polvilhe K-Obiol 2P sobre o milho. Repita a aplicação a cada 25cm de milho.

Período de carência: o milho pode ser utilizado para o consumo de animais e aves após sete dias do tratamento.

Figura 11.10. Aplicação de inseticida em pó para proteção do milho no paiol.

Tabela 11.12. Comparação entre diversos tratamentos para controle dos insetos-pragas de milho armazenado em paiol.

Tratamentos ¹	Épocas de avaliação e % de grãos danificados			
	Julho	Outubro	Dezembro	Fevereiro
Malathion - 4% pó	1,55	13,16	30,11	36,13
Testemunha	1,19	4,77	19,84	33,54
Seleção de espigas bem empalhadas	0,50	1,60	8,30	14,00
Expurgo com fosfina uma vez	0,83	1,56	4,20	21,89
Expurgo com fosfina cada três meses	1,50	1,50	4,00	5,00
Deltamethrin - 2 P	0,99	1,51	2,08	3,07

¹Doses utilizadas: Deltamethrin - 2 P a 500 g / t ; Expurgo - 1 g fosfina / m³.

Tabela 11.13. Eficiência do controle de insetos no milho armazenado em paiol, em unidades de observação conduzidas por extensionistas.

Estados	Grãos danificados (%)					
	Deltamethrin-2 P ¹			Testemunha		
	Jun.	Dez.	Varição	Jun.	Dez.	Varição
Minas Gerais (53-46) ²	4,8	9,6	4,8	4,5	21,3	16,9
São Paulo (71-55)	5,1	12,5	7,4	5,5	38,6	33,1
Paraná (18-18)	10,0	18,3	8,3	8,98	30,7	21,8
Santa Catarina (22-14)	5,9	12,4	6,5	4,7	29,8	25,1
Rio Grande do Sul (15-14)	3,60	9,0	5,4	5,1	35,4	30,3
Média geral ³	5,8	10,7	4,9	5,0	30,3	25,3

¹Deltamethrin -2 P, aplicado na dose de 500 g / t de milho em espiga.

²Valores entre parênteses representam o número de Unidades de Observação conduzidas, sendo o primeiro o tratamento e o segundo, a testemunha.

³Média geral calculada considerando o número de Unidades em cada estado

11.13 Referências

AGRAWAL, N. S. Grain storage fungi associated with granary weevil. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 50, p. 659-663, 1957.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S. E FERREIRA, J. J. (Ed.). **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. 544 p.

EMBRAPA MILHO E SORGO. **O Paio Balaio de Milho**. Sete Lagoas, dez. 2006. Folder de Divulgação Técnica.

HARA, T.; CORRÊA, P. C. **Silo de Alvenaria para armazenagem de milho a granel, na fazenda, com capacidade para 100 a 200 toneladas, com aeração**. Viçosa: UFV, 1981. 10 p. (Informe Técnico).

HEINRICH, B. Grain preservation by means of refrigeration in tropical countries. **Sulzer Technical Review**, Winterthur, v. 71, n. 4, p. 19-23, 1989.

MAIA, J. D. G.; SANTOS, J. P.; CRUZ, I. Controle de pragas no milho armazenado em silo de alvenaria. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 15., 1984, Maceió. **Resumos dos trabalhos...** Maceio: EMBRAPA/DDT/EPEAL, 1984. p.110. (EPEAL-Documentos, 2)

MATIOLI, J. C.; ALMEIDA, A. A. Alterações nas características químicas dos grãos de milho causadas pela infestação do *Sitophilus oryzae*. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 4, p. 36-46, 1979.

PUZZI, D. **Abastecimento e armazenamento de grãos**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1986. 603 p.

REED, C.; ARTHUR, F. H. Aeration. In: SUBRAMANYAM, B.; HAGSTRUM, W. D. (Ed.). **Alternative to pesticide in stored-product IPM**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2000. p. 51-72.

SANTOS, J.P. Influência do atraso na colheita sobre perdas de grãos, no campo e na armazenagem. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, 1985-1987**, Sete Lagoas, v. 4, p.70-71, 1991.

SANTOS, J. P. Controle de pragas de grãos armazenados. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 19.; REUNIAO TECNICA ANUAL DO MILHO, 37.; REUNIAO TECNICA ANUAL DO SORGO, 21., 1992, Porto Alegre. **Conferências...** Porto Alegre: SAA, SCT, ABMS, EMATER/RS, EMBRAPA-CNPMS, CIENTEC, 1992. P. 191-209.

SANTOS, J. P.; FONTES, R. A.; CAJUEIRO, I. V. M.; ARLEU, J. R.; FANTON, C.; FORNAZIER, M. Situação do armazenamento de milho a nível de propriedade no Estado do Espírito Santo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 16., 1986, Belo Horizonte. **Anais...** Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1988b. p. 237-247. (EMBRAPA-CNPMS. Documentos, 6).

SANTOS, J. P.; FONTES, R. A.; CAJUEIRO, I. V. M.; BIANCO, R.; SEPULCRI, O.; LAZZARINI, F.; BEDANI, J.L. Levantamento de perdas causadas por insetos no milho armazenado em pequenas propriedades do Estado do Paraná. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 16., 1986, Belo Horizonte. **Anais...** Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1988b. p. 254-275. (EMBRAPA-CNPMS. Documentos, 6).

SANTOS, J. P.; FONTES, R. A.; CRUZ, I., FERRARI, R. A. R. Avaliação de danos e controle de pragas de grãos armazenados a nível de fazenda no Estado de Minas Gerais, Brasil. In: SEMINÁRIO LATINO DE PERDAS PÓS-COLHEITA DE GRÃOS, 1., 1983. Viçosa. **Anais...** Viçosa: CENTREINAR, 1983. p.105-110.

SANTOS, J. P.; FONTES, R. A.; MANTOVANI, B. H. M.; MANTOVANI, E. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; BORBA, C. S.; ANDRADE, R. V.; AZEVEDO, J. T.; ANDREOLI, C. Perdas de grãos na cultura do milho. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 1992-1993**, Sete Lagoas, v. 6, p.122-124, 1994.

SANTOS, J. P.; MAIA, J. D. G.; CRUZ, I. Efeito da infestação pelo gorgulho (*Sitophilus zeamais*) e traça (*Sitotroga cerealella*) sobre a germinação de sementes de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.25, n. 12, p. 1687-1692, 1990.

SANTOS, J. P.; OLIVEIRA, A. C. **Perdas de peso em grãos armazenados devido ao ataque de insetos**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1991, 6 p. (EMBRAPA-CNPMS. Comunicado Técnico, 6).

SOUZA, O. W. Silagem de milho úmido. In: LORINI, I.; MIIKE, L. H. E, SCUSSEL, V. M. (Ed.). **Armazenagem de grãos**. Campinas: IBG, 2002.

SUTHERLAND, J. W. Control of insects in wheat store with an experimental aeration system. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 13, p. 310-219, 1968.

VILELA, H.; SILVA, J. F. C.; VILELA, D.; SILVESTRE, J. R. A. Alterações do valor nutritivo do grão de milho (*Zea mays*, L.) durante o armazenamento. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.17, n. 5, p. 428-433, 1988.

Capítulo 12

Manejo de Pragas da Cultura do Milho

Ivan Cruz

12.1 Introdução

A cultura de milho, muito diferentemente de várias outras, como arroz, feijão, soja e sorgo, é cultivada com relativamente pequeno número de plantas por unidade de área. Em virtude disso, a contribuição de uma planta para a composição final dos rendimentos de grãos é maior; ou seja, a perda de plantas, total ou parcial, na cultura do milho, em relação a uma perda de igual número nos outros cultivos referidos, causa prejuízo maior à produção. Portanto, plantabilidade e manutenção do número de plantas até a colheita é extremamente desejável. A garantia da manutenção do número de plantas começa antes do plantio, através da escolha de sementes de qualidade, especialmente no se refere ao seu vigor e germinação. Semente com padrão de qualidade permitirá uma boa plantabilidade. O ajuste adequado nos implementos e nos insumos associados deve ser rigoroso. Os fatores bióticos também devem ser considerados e apropriadamente manejados para se obter e manter as condições ótimas para se obter bons rendimentos. Ocorrência de doenças, plantas daninhas e insetos pragas, juntos ou individualmente, podem afetar significativamente o potencial produtivo da planta de milho. Também os insetos-pragas, em especial, podem afetar de maneira total ou parcial esse potencial produtivo. É possível encontrar, em determinada região ou determinado ano agrícola, a presença de espécies de pragas que têm a capacidade de reduzir o número ideal de plantas, seja por danificar e matar a semente logo após o plantio, ou a plântula antes ou após a emergência. A planta também pode ser morta pelo efeito sinérgico do ataque dos insetos-pragas e pela competição com outros fatores, como plantas daninhas, doenças ou estresses abióticos, como escassez de água, por exemplo. Em função das espécies de insetos e da época de ataque, pode não ocorrer a morte da planta, e, sim, uma redução parcial de sua capaci-

dade de produção. No entanto, como pode haver ataques por mais de uma espécie, o somatório das perdas pode atingir valores significativos, a ponto de comprometer a rentabilidade do agronegócio. O manejo de pragas tem sido considerado como fator fundamental para reduzir as perdas ocasionadas pelas pragas, levando em consideração, além dos aspectos econômicos, também os ambientais, notadamente quando ainda se considera a utilização de um inseticida químico como parte das táticas do manejo.

12.2 Descrição, biologia, importância e controle das pragas

A seguir, serão fornecidas informações sobre os principais aspectos biológicos das pragas e sua importância econômica para a cultura do milho. No final do capítulo, foi incluída uma série de figuras (Figuras 12.3 a 12.16) que propiciarão ao usuário a identificação das espécies e seus danos, em condições de campo.

12.2.1 Pragas da semente e/ou raízes

Cupins - *Cornitermes*, *Procornitermes* e *Syntermes* (Isoptera, Termitidae)

Esses insetos atacam as sementes do milho plantado, destruindo-as antes da germinação e, como consequência, acarretam falhas na cultura. Atacam também as raízes de plantas novas e fazem o descortçamento total da raiz axial, deixando intacta a parte lenhosa. A presença de restos da cultura sobre o solo aumenta muito sua população. Os sintomas são notados quando a planta começa a ressentir-se do ataque, mudando de coloração e murchando as folhas, até sua morte completa. O maior impedimento ao estabelecimento de táticas de controle dos cupins diz respeito à taxonomia das espécies, que muitas vezes não são corretamente identificadas.

Percevejo-castanho - *Scaptocoris castanea* Perty, 1830 (Hemiptera, Heteroptera, Cydnidae)

Conhecido popularmente como percevejo castanho, *Scaptocoris castanea* causa prejuízos em soja, milho, algodão e pastagens. Os estudos sobre a espécie são escassos no Brasil. O gênero *Scaptocoris* está distribuído desde os Estados Unidos até a Argentina. No Brasil, sua distribuição é generalizada, embora com registros de ataque mais na região Centro-Sul do Brasil. Nas culturas de soja, milho e algodão do Estado de São Paulo, *S. castanea* tem sido observado com maior frequência e intensidade, em ataques às plantas no sentido da linha de plantio, nem sempre formando reboleiras típicas.

O percevejo castanho, na fase adulta, tem de sete a nove mm de comprimento e de quatro a cinco milímetros de maior largura. As pernas anteriores são destinadas à escavação e as posteriores possuem fortes cerdas e espinhos. As formas jovens são de coloração marrom-clara. Durante a noite, podem voar para outras localidades; os ovos são postos no solo. O percevejo-castanho é facilmente reconhecível, no momento da abertura dos sulcos, pelo cheiro desagradável que exala. Nas épocas mais secas, aprofunda-se no solo à procura de regiões mais úmidas, retornando à superfície durante as chuvas. As plantas atacadas têm as suas raízes sugadas por ninfas e adultos, tornando-se raquíticas; o desenvolvimento reduzido e posterior morte da planta podem ser confundidos com deficiência nutricional, mas que é facilmente diferenciada quando as plantas são arrancadas do solo, pois exalam um odor típico, oriundo das glândulas odoríferas do inseto.

Larva-alfinete - *Diabrotica speciosa* (Germar 1824) (Coleoptera, Chrysomelidae)

Os adultos de *D. speciosa* são muito conhecidos, especialmente pela coloração verde-amarela, recebendo, às vezes, a denominação de "nacional" ou "patriota". São pequenos besouros com coloração geral verde, sobressaindo nas asas três manchas amarelas. São insetos pequenos e ágeis, com cerca de seis milímetros de comprimento. Os adultos alimentam-se das folhas do milho e os seus danos, às vezes, são confundidos com os ocasionados pela lagarta-do-cartucho, quando raspam as folhas. Os ovos são colocados no solo, próximo à planta hospedeira. A larva é cilíndrica e, quando completamente desenvolvida, atinge o tamanho máximo de 10 a 12 mm, com cerca de um milímetro de diâmetro. É de coloração geral esbranquiçada, sobressaindo a cabeça e o ápice do abdome, que são de coloração preta. Alimenta-se da região da raiz e podem atingir o ponto de crescimento, matando as plantas recém-germinadas. Com o desenvolvimento da planta e também das larvas, é comum o ataque ser verificado nas raízes adventícias, prejudicando o desenvolvimento normal da planta. Em ataques intensos, é comum o desenvolvimento de raízes nos nós da planta. A planta desenvolve-se de maneira irregular, apresentando-se recurvada. O ciclo biológico total do inseto dura cerca de 53 dias, sendo de 13, 23 e 17 dias os períodos de incubação, larval e pupal, respectivamente.

Nos últimos anos, com o incremento da área de safrinha, as larvas vêm causando consideráveis danos ao sistema radicular do milho, especialmente em sistemas de plantio direto. Existe uma relação positiva e significativa entre a densidade de larvas de *D. speciosa* no sistema radicular de milho e o dano na raiz e redução do peso seco da parte aérea da planta.

Larva-angorá ou peludinha, *Astylus* spp. (Coleoptera, Dasytidae)

Os adultos do gênero *Astylus* são polenófagos e comumente encontrados em flores de plantas nativas e cultivadas, podendo acarretar danos mecânicos aos órgãos florais. Pouco se conhece sobre os efeitos danosos das larvas dessas espécies. Entre os poucos trabalhos existentes, Matioli et al. (1990) salientaram a importância de *A. variegatus* em alguns estados brasileiros, cujas larvas de hábitos subterrâneos atacam as sementes de milho antes da germinação, acarretando grande redução na população de plantas.

As larvas de *A. variegatus* são densamente cobertas por longos pêlos marrons, recebendo, por isso, o nome comum de larva-angorá. O adulto é um inseto pequeno de aproximadamente 7 a 8mm, sendo o macho um pouco menor. Os élitros são de coloração amarela, com cinco manchas negras. A espécie é univoltina, com uma duração de cerca de 360 dias para o seu ciclo biológico e de aproximadamente 300 dias para a fase larval. Alguns aspectos biológicos da espécie *A. atromaculatus* foram relatados por Nemirovsky (1972). O adulto apresenta a cabeça pequena e triangular, sendo, juntamente com protórax, abundantemente cobertas por pêlos. Os ovos são de forma cilíndrica, ligeiramente encurvados, com os extremos arredondados. Medem de 1,2 a 1,3mm de largura por 0,40 mm de diâmetro. São de coloração alaranjada. A larva recém-nascida mede cerca de 1,3mm e apresenta coloração alaranjada, com cabeça e pernas transparentes. Quando totalmente desenvolvida, mede cerca de 14mm, apresenta coloração cinza-escura e o corpo totalmente coberto por pêlos longos. A pupa é de cor alaranjada, com cerdas escuras distribuídas em partes distintas do corpo. Cada fêmea coloca no solo uma média de 90 ovos. O período de incubação varia em função

da temperatura, sendo, em média, de nove a treze dias. O período larval é longo, podendo demorar até quase um ano. O período pupal dura de nove a 16 dias, com média de onze dias.

Bicho-bolo ou coró, *Phyllophaga* spp., *Cyclocephala* spp. e *Diloboderus abderus* Sturm, 1826 (Coleoptera, Scarabaeidae)

As larvas dos insetos conhecidos como bicho-bolo ou corós (*Phyllophaga* spp., *Cyclocephala* spp. e *Diloboderus abderus*) são muito semelhantes quanto ao aspecto geral, com o corpo de coloração branco-amarelada e em forma de C; a cabeça é de cor marrom e possuem três pares de pernas. A ponta do abdômen é brilhante e transparente e o conteúdo interno do corpo pode ser visualizado através da pele.

Dentro de um mesmo estágio de desenvolvimento, as larvas de cada espécie podem ser separadas pelo tamanho e pela disposição dos pêlos e espinhos na região ventral do último segmento abdominal. Nas espécies do gênero *Phyllophaga*, existem duas fileiras paralelas de espinhos no centro daquele segmento; em *Cyclocephala*, existe distribuição uniforme das setas no último segmento abdominal da larva; a cabeça das larvas de *D. abderus* é de coloração marrom-avermelhada, mais escura do que a cabeça das outras duas espécies, que é marrom-amarelada. Os adultos são mais facilmente separados, especialmente no tamanho e na cor. *D. abderus* são os de maior tamanho (cerca de 25 mm), apresentando coloração pardo-escura, sendo que os machos apresentam "chifre". Os besouros de *Phyllophaga* sp. são de tamanho intermediário (20 mm), em relação às outras duas espécies, e apresentam coloração marrom-avermelhada brilhante. Os besouros de *Cyclocephala* são os de menor tamanho (cerca de 15 mm) e apresentam coloração marrom-amarelada.

Esses insetos podem ter um ciclo de vida de dois a quatro anos, embora seja mais comum o ciclo de três anos. Normalmente, colocam os ovos em gramíneas nativas. As larvas recém-nascidas iniciam sua alimentação próximo à superfície do solo. As plantas de milho podem ser severamente danificadas ou "enfizadas" pela alimentação das larvas nas raízes. Em infestações pesadas, a planta pode morrer. Em infestações mais leves, pode ocorrer o tombamento das plantas, em função do enfraquecimento do sistema radicular. Os danos geralmente são localizados, isto é, em reboleiras. Pequenas áreas podem ser totalmente destruídas, enquanto outras permanecem intactas. Essa variação reflete a preferência dos adultos por oviposição em certos tipos de solo. Mesmo pequenas variações na textura do solo aparentemente podem afetar a preferência pela oviposição. À semelhança de outros insetos de solo, as espécies de bicho-bolo, no Brasil, são pouco conhecidas e estudadas em relação à sua taxonomia e bioecologia, o que dificulta o estabelecimento de seus níveis de dano na cultura de milho. Na Argentina, o efeito de larvas de *D. abderus* é evidente na fase inicial de milho, quando as densidades são superiores a quatro larvas/m². No Brasil, o nível de controle para milho seria de apenas 0,5 larvas/m².

Larva-aramé - *Agriotes*, *Conoderus* e *Melanotus* (Coleoptera, Elateridae).

Os insetos denominados larva-aramé são considerados pragas de grande importância para muitas plantas cultivadas, em vários países do mundo. A importância das espécies do gênero *Agriotes* e *Conoderus* é mencionada danificando raízes e a base do caule de plantas, principalmente gramíneas. Algumas espécies do gênero *Melanotus* também são citadas como pragas de milho. Há dificuldades para se estabelecer os níveis de danos e construir tabelas

de vida para as espécies de larva-aramé, devido à falta de informações com relação à preferência por hospedeiros e aos efeitos de fatores ambientais sobre o crescimento e desenvolvimento de suas populações.

A biologia dessa praga varia de acordo com a espécie. Infelizmente, quase não existem, no Brasil, estudos básicos sobre tais espécies. Uma das razões para tal fato está relacionada com a complexidade de espécies, dificuldade de coletar grande número de larvas e ciclo biológico muito longo. As informações encontradas no Brasil são, na maioria, genéricas. Os adultos desses insetos variam de seis a 19 mm de comprimento, possuem coloração marrom ou mesmo mais escura e têm forma alongada, afunilando nas extremidades. Depositam seus ovos no solo, entre as raízes de gramíneas. As larvas alimentam-se das raízes de milho e de outras gramíneas. As recém-nascidas são de coloração esbranquiçada. Quando completamente desenvolvidas, adquirem coloração marrom-amarelada e o corpo torna-se bastante esclerotizado. O período larval varia de dois a cinco anos. Findo esse período, a larva forma uma célula no solo e transforma-se numa pupa tenra e de coloração branca, permanecendo nesse estágio por um período curto de tempo, findo os quais emergem os adultos. Os ovos dessa espécie (brancos e esféricos) são depositados no solo, em massas, sendo que cada massa pode conter entre 20 e 40 ovos, medindo cada um cerca de 0,5 mm. Durante sua vida, uma fêmea pode depositar entre 200 e 1.400 ovos. A larva, de coloração marrom, é alongada, com corpo rígido, medindo entre 18 e 22 mm, quando completamente desenvolvida. Apresenta o abdome com muitos segmentos e com uma reentrância no final do último segmento. O estágio larval dura entre três e sete anos. A transformação para o estágio de pupa

ocorre no próprio solo. A cor da varia de branca a marrom brilhante e mede entre 12 e 15 cm de comprimento.

12.2.2 Pragas do colmo

Lagarta-elasma, *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller, 1848)
(Lepidoptera, Pyralidae)

Apesar de ser uma praga importante no Brasil, especialmente em áreas de cerrado, a literatura registra poucos trabalhos sobre a biologia de *E. lignosellus*. São mencionados pelo menos 60 hospedeiros atacados pela praga, distribuídos em 14 famílias de plantas. No Brasil, a praga foi referida em 15 hospedeiros.

A mariposa de *E. lignosellus* mede cerca de 20 mm de envergadura, de coloração escura, sendo, às vezes, notada na plântula ou mesmo no solo. A presença de pessoas na área faz com que ela migre rapidamente para locais mais distantes. Os adultos são ativos à noite e as condições ideais para o acasalamento e oviposição ocorrem com baixa velocidade do vento, baixa umidade relativa do ar, temperatura ao redor de 27°C e completa escuridão. Medem cerca de 20 mm de envergadura. As asas anteriores são escuras nas fêmeas, enquanto, nos machos, são claras, na parte central, possuindo as margens escuras. As fêmeas depositam, em média, de 100 a 120 ovos durante o período de vida. As mariposas vivem de 8 a 40 dias, dependendo do sexo e do acasalamento.

Os ovos, na maioria das vezes, são colocados no solo, individualmente, concentrados nos 30 cm ao redor da planta, tornando difícil sua observação. A lagarta eclode, em média, aos três dias após a oviposição. Inicialmente, alimenta-se das folhas, descendo, em seguida, para o solo, penetrando o colmo da planta logo abai-

xo do nível do solo, alimentando-se no seu interior. A coloração da lagarta, quando completamente desenvolvida, é esverdeada, com anéis e listras de coloração vermelho-escura, e mede cerca de 16 mm. A lagarta, geralmente, fica associada à planta hospedeira, construindo um casulo, na parte externa, com restos vegetais, terra e teia, dentro do qual se abriga. Findo o período de larva (média de 14 a 20 dias, dependendo das condições ambientais), a lagarta transforma-se em crisálida, no solo, próximo da haste da planta e, após aproximadamente oito dias, emerge o adulto.

Os maiores prejuízos para a cultura do milho são causados nos primeiros 20 dias após a germinação. Portanto, para se identificar a presença da lagarta-elasmó no campo, deve-se proceder ao levantamento* considerando aquele período de tempo. Quando o ataque ocorre em plantas recém-emergidas, às vezes não se tem tempo de perceber o ataque da praga, devido ao secamento de toda a planta e sua remoção por ação do vento. No entanto, em plantas mais desenvolvidas, é comum ser verificado o sintoma de dano conhecido como "coração morto", ou seja, folhas centrais mortas, facilmente destacáveis e folhas externas ainda verdes.

Lagarta-rosca, *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766) (Lepidoptera, Noctuidae)

As posturas dessa praga são feitas na parte aérea da planta. Após o primeiro instar, as lagartas dirigem-se para o solo, onde permanecem protegidas durante o dia, só saindo ao anoitecer para se alimentar. A lagarta alimenta-se da haste da planta, provocando o seccionamento da mesma, que pode ser total, quando as plantas estão com a altura de até 20 cm, pois ainda são muito tenras e finas, e parcial, após esse período. As lagartas de *A. ipsilon*, quan-

do completamente desenvolvidas, medem cerca de 40 mm, são robustas, cilíndricas, lisas e apresentam coloração variável, predominando a cor cinza-escura. As lagartas, quando tocadas, enroscam-se, tomando o aspecto de uma rosca. A duração do ciclo larval varia entre 20 e 25 dias, à temperatura de $25 \pm 3^\circ\text{C}$. O estágio de pupa, no solo, varia entre 11 e 15 dias. A mariposa, de cor marrom-escura, com áreas claras no primeiro par de asas, de coloração clara com os bordos escuros, no segundo par, mede cerca de 40 mm de envergadura.

Broca da cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794)
(Lepidoptera, Pyralidae)

O inseto conhecido vulgarmente como broca da cana-de-açúcar é, hoje, uma grande preocupação na cultura do milho. A mariposa é de coloração amarelo-palha, com aproximadamente 20 mm de envergadura. Os ovos são colocados de maneira sobreposta, tomando um aspecto semelhante a "escamas", nas folhas e no colmo do milho e, num intervalo de quatro a nove dias, dá-se a eclosão das lagartas, que, inicialmente, alimentam-se da folha. Posteriormente, dirigem-se para a bainha e penetram no colmo, fazendo galerias ascendentes. A lagarta apresenta a cabeça marrom e o corpo esbranquiçado, com inúmeros pontos escuros. O período larval médio é de 44 dias. Quando atinge o completo desenvolvimento, a lagarta constrói uma câmara, alargando a própria galeria até o colmo, onde corta uma seção circular, que fica presa com fios de seda e serragem e transforma-se em pupa, permanecendo nesse estágio por um período variável de nove a 14, dias até emergir o adulto.

As lagartas de *D. saccharalis* ocasionam, no milho, danos semelhantes aos vistos em cana-de-açúcar, como coração morto, quebra de colmos, decréscimo do desenvolvimento da planta, no

número de colmo e tamanho das espigas. A queda no rendimento de milho devido ao ataque da praga tem sido relacionada com a diminuição no número e tamanho de espigas. Os prejuízos diretos causados pela lagarta, através da penetração e alimentação no interior do colmo, aparentemente não são importantes, quando o ataque ocorre em plantas mais desenvolvidas, pois a planta atacada produz normalmente, mesmo sob condições de forte infestação natural. No entanto, através das galerias, a broca torna a planta bastante suscetível à queda por ação do vento, prejudicando a colheita mecânica das espigas ou o corte mecânico da silagem e causando prejuízos indiretos elevados, pois, quando a planta cai, os grãos, em contato com o solo, sofrem ataques de microrganismos ou iniciam a germinação. Quando o ataque ocorre logo no início da implantação da cultura, os prejuízos são altos, devido ao perfilhamento ou tombamento, ou pela morte das plântulas.

12.2.3 Pragas da parte aérea (fase vegetativa)

12.2.3.1 Mastigadores

Lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797)
(Lepidoptera, Noctuidae)

A lagarta-do-cartucho é a principal praga da cultura do milho, por sua ocorrência generalizada e por atacar todos os estágios de desenvolvimento da planta. A redução nos rendimentos de grãos devido ao ataque dessa praga varia de 17,7 a 55,6%, de acordo com o estágio de desenvolvimento e dos genótipos de milho. A mariposa coloca seus ovos agrupados, formando uma massa que pode conter mais de 300 ovos. O período de incubação varia de acordo com a temperatura, mas, nos meses de verão, é em torno de três dias. As larvas recém-eclodidas iniciam

sua alimentação pelas partes mais tenras das folhas, deixando um sintoma de dano característico, pois se alimentam apenas da parte verde, sem, no entanto ocasionar furos nas folhas, ou seja, "raspam" a folha, deixando apenas a epiderme membranosa. As plantas que estão sendo atacadas são, portanto, facilmente reconhecidas pelas inúmeras pontuações transparentes. Quando a lagarta passa para o segundo instar, ela começa a furar as folhas, indo em direção ao cartucho da planta, local onde permanece até próximo ao estágio de pupa. Durante o período larval, em torno de 18 a 20 dias, a lagarta consome grande quantidade de área foliar, geralmente alimentando-se das folhas mais tenras. A lagarta pode também penetrar no colmo, através do cartucho, fazendo galerias descendentes, até danificar o ponto de crescimento, ocasionando o sintoma denominado coração morto. Outro dano provocado pela lagarta-do-cartucho é através do seccionamento na base do colmo, que pode ser parcial ou total; nesse caso, com a morte da planta. O ponto de inserção da espiga pode ser também atacado, sendo, nesse caso, com perda total da produção da planta atacada, devido à não formação de grãos ou pela queda da espiga com grãos ainda em formação. São também comuns os danos diretamente no grão em formação dentro da espiga, ocasionando danos diretos, pela alimentação, ou indiretos, por facilitar a penetração de microrganismos, tais como fungos e bactérias. Nesse caso, a perda em qualidade do grão e, conseqüentemente, da própria silagem é reduzida.

A lagarta completamente desenvolvida sai da planta e dirige-se ao solo, penetrando alguns centímetros, onde constrói uma célula, transformando-se, em seguida, em pré-pupa, com duração de cerca de um dia, findo o qual se transforma em pupa. O período pupal dura cerca de onze dias.

Lagarta-militar ou curuquerê-dos-capinzais, *Mocis latipes* (Guennée, 1852) (Lepidoptera, Noctuidae)

Esse inseto, de ocorrência esporádica na cultura de milho, quando ataca essa cultura, ocasiona danos severos, provavelmente devido a um desequilíbrio biológico, fazendo com que a população da praga seja muito alta, com alto poder destrutivo em um curto período de tempo. Os maiores prejuízos causados por esse inseto ocorrem em pastagens ou outras gramíneas nativas. No entanto, a praga tem sido observada, nos últimos anos, com frequência mais elevada na cultura do milho, pela migração de lagartas oriundas de hospedeiros próximos ao milho. Geralmente, são populações de lagartas mais desenvolvidas e, portanto, com grande capacidade de destruição.

A mariposa de *M. latipes*, conhecida, na fase de larva, como curuquerê-dos-capinzais ou lagarta-militar, é de coloração pardo-acinzentada e mede cerca de 40 mm de envergadura. As fêmeas colocam os ovos nas folhas de milho e o período de incubação é em torno de quatro dias. As lagartas alimentam-se inicialmente da epiderme da folha, danificando a cultura do milho da periferia para o centro. Findo o período larval, em torno de 20 dias, tece o casulo na própria folha que atacou, transformando-se, em seguida, em pupa e permanecendo nesse período cerca de dez dias.

Esse inseto pode ser facilmente identificado na cultura do milho pela presença de lagartas de coloração verde-escura, com estrias longitudinais castanho-escuras, limitadas por estrias amarelas, do tipo "mede-palmo". O inseto geralmente se alimenta da folha, destruindo-a completamente, com exceção da nervura central. Como não ocorre o canibalismo, comum na lagarta-do-cartucho, várias lagartas de mesma idade podem ser encontradas em

uma só planta. É interessante observar que esse inseto não se alimenta dentro do cartucho da planta, como o faz a *S. frugiperda*.

12.2.3.2 Sugadores

Pulgão-do-milho, *Rhopalosiphum maidis* Fitch, 1856 (Homoptera, Aphididae)

O pulgão-do-milho é uma praga de distribuição cosmopolita. É um inseto sugador de seiva, que se alimenta pela introdução de seu aparelho bucal nas folhas novas das plantas. Sua reprodução se processa por partenogênese. Tanto as formas ápteras quanto às aladas são constituídas de fêmeas larvíparas. O adulto apresenta coloração geral verde-azulada, medindo as formas ápteras cerca de 1,5 mm de comprimento. As formas aladas são menores e apresentam as asas hialinas transparentes. Tanto os imaturos quanto os adultos alimentam-se de maneira contínua, extraindo grande quantidade de seiva.

Em baixas populações, o inseto fica confinado em colônias, geralmente dentro do cartucho da planta. À medida que a população aumenta, o inseto ataca praticamente todas as partes da planta. É comum o pendão ficar todo infestado pela praga. Ocorre o desenvolvimento de fungos de coloração escura (fumagina) sobre os dejetos do inseto, ricos em aminoácidos que prejudicam a atividade fotossintética da planta.

Embora seja abundante no campo, muito ainda precisa ser estudado em relação a algumas fases de ciclo biológico do pulgão. De maneira geral, é considerada uma praga secundária em milho destinado a grãos, mas atinge importância fundamental para campos de produção de sementes. O inseto alimenta-se de sorgo, milho, cereais de inverno e outras gramíneas.

São também transmissores de forma não persistente de doenças tais como a virose do mosaico comum, causada por potyvirus, que pode ser identificada por seus sintomas típicos de mosaico formado por manchas de cor verde-clara, que contrastam com a tonalidade de verde normal das folhas (vide capítulo sobre doenças).

Períodos secos parecem favorecer aumentos em número da praga e, conseqüentemente o dano à planta hospedeira. Condições de seca causam estresses à planta hospedeira e evitam o desenvolvimento de fungos entomopatogênicos, que geralmente infectam e matam os pulgões em condições de alta umidade.

A taxa de desenvolvimento, número de insetos produzidos e período de vida do adulto são significativamente influenciados pela temperatura, espécies de plantas hospedeiras e idade da planta hospedeira por ocasião da infestação. O inseto apresenta quatro estágios ninfais. A taxa de desenvolvimento é inversamente proporcional à temperatura. O desenvolvimento ninfal é cerca de 16 dias numa temperatura média de 15°C. Em temperaturas médias de 20, 25 e 30°C, os valores caem para nove, sete e cinco dias, respectivamente. A temperatura base de desenvolvimento encontrada por Maia (2003) foi 0,3; 3,6; 6,7; 1,8 e 3,1°C para os quatro instares e fase ninfal, respectivamente. Ninfas de primeiro instar são de coloração verde-clara. Os ápices da cabeça, da antena e das pernas são ligeiramente mais escuros do que as demais partes. O secundo instar é de coloração amarela clara. A cabeça, abdome e antenas são mais escuras do que o corpo e as pernas, mais claras. Os olhos são vermelhos. Existe uma constrição evidente no terceiro segmento antenal. No terceiro estágio ninfal, a constrição da antena é dividida em dois segmentos. O corpo é, ainda, de coloração verde clara, com tonalidades mais escuras nas

laterais. As pernas são mais escuras que o corpo. A cabeça é de coloração verde-escura.

O adulto pode ser alado ou áptero, alongado, medindo entre 0,1 e 0,2 mm. Sua coloração varia entre verde-amarelada a verde-oliva. A cabeça, antenas e pernas são pretas. Insetos, em cevada, mostraram uma duração média da vida do adulto de 11 dias, a 30°C, e 17 dias, a 15°C. Em milho, verificou-se que a vida do adulto foi de 20 dias, a 24°C. A fecundidade do inseto tem sido relatada com variações entre 20 e 77 indivíduos por fêmea, dependendo, principalmente, da temperatura e do hospedeiro.

Cigarrinha do milho, *Dalbulus maidis* (Delong & Wolcott, 1923)
(Homoptera, Cicadellidae)

Dalbulus maidis é a cigarrinha mais importante da cultura do milho, na América Latina. Essa espécie, no Brasil, ainda é de importância relativamente pequena, devido aos danos diretos ocasionados através da sucção de seiva. No entanto, por ser transmissora eficaz de doenças, tem recebido muita atenção dos pesquisadores, pois a alta incidência das doenças transmitidas pode limitar a produção do milho. A fêmea, medindo cerca de cinco milímetros, coloca seus ovos alongados, incrustados na nervura principal, geralmente no interior do cartucho. Tanto as ninfas como os adultos são sugadores de seiva. No processo de alimentação em uma planta doente e posteriormente em uma sadia, ocorre a transmissão da doença, que pode ocasionar perdas elevadas nos rendimentos.

Entre as principais doenças transmitidas pela cigarrinha, estão os enfezamentos, que são doenças sistêmicas associadas à presença, no floema das plantas, de microorganismos procariontes, pertencentes à classe Mollicutes (espiroplasma e fitoplasma). Os

enfesamentos reduzem significativamente a quantidade absorvida de nutrientes pelas plantas de milho, com conseqüente redução na produção, sendo esse efeito influenciado pela susceptibilidade da cultivar, época de infecção das plantas e temperatura ambiente. O espiroplasma e o fitoplasma são transmitidos de forma persistente pela cigarrinha. Esse inseto vetor, assim como os patógenos que transmite, multiplicam-se apenas em milho (*Zea mays* L.) e em espécies relacionadas, que são raras no Brasil. Assim, a presença contínua de plantas de milho no campo, oriundas da germinação de sementes de milho remanescentes da cultura anterior ou por plantios sucessivos dessa cultura, pode permitir a sobrevivência dos patógenos e da cigarrinha.

Percevejo barriga verde, *Dichelops* spp. e percevejo-verde, *Nezara viridula* Linnaeu 1758 (Hemiptera, Pentatomidae)

Em anos recentes e em algumas regiões do país, tem-se verificado a ocorrência dos percevejos *Dichelops* e *Nezara*, especialmente em plantas jovens de milho. Os gêneros são facilmente separáveis, pois o *Nezara* é totalmente verde e de maior dimensão, enquanto que o *Dichelops* apresenta o dorso marrom.

Tais insetos geralmente migram da cultura da soja para se alimentar de plântulas de milho, podendo causar redução do número de plantas por unidade de área. Quando o ataque ocorre em plantas mais desenvolvidas e a planta não morre, é comum o aparecimento de perfilhos improdutivos. Além disso, a planta atacada apresenta um crescimento retardado. Geralmente, tem-se verificado apenas a presença de adultos atacando a planta. No entanto, quando a fêmea coloca seus ovos na plântula, as formas jovens também se alimentam e danificam a planta. Plantas de milho entre 25 e 30 centímetros, quando atacadas por *N. viridula*,

mostram graus distintos de danos, variando desde um leve murchamento das folhas centrais até a morte de planta. Quando a planta é atacada na fase de formação de grãos, as espigas se deformam e não há o desenvolvimento dos grãos ou os mesmos ficam ressecados. Quando o grão é atacado no estágio leitoso ou pastoso, ele é completamente destruído ou apresenta-se manchado na maturidade. Outras conseqüências advindas do ataque na espiga ou nos grãos em formação incluem a perda na qualidade (diminuição nos teores de óleo, proteína etc.), na estética do produto "in natura", industrializado, e redução na germinação da semente.

Cigarrinha-das-pastagens *Deois flavopicta* (Stall, 1954) (Homoptera, Cercopidae)

A cigarrinha-das-pastagens, *D. flavopicta*, uma praga-chave na agropecuária brasileira, por causar elevados danos nas pastagens, principalmente de braquiária, pode atacar e causar também prejuízos na cultura de milho, embora, nesta, somente os adultos causem danos. Normalmente, ocorrem três picos populacionais de cigarrinha, que se sobrepõem de outubro a abril. O primeiro e o maior ocorre, geralmente, em novembro; o segundo, em fins de janeiro e início de fevereiro e o terceiro, em março/abril. São os ovos ovipositados em março/abril que atravessam o inverno e dão origem ao pico de novembro, que é o mais severo. Tanto nas pastagens quanto no milho, a cigarrinha prejudica as plantas por sugá-las e injetar uma toxina que bloqueia e impede a circulação da seiva. Plantas de até dez dias de idade são altamente sensíveis, e uma infestação de três a quatro cigarrinhas/planta provoca severos danos, com os sintomas de ataque e morte da planta sendo verificados dois e quatro dias após a infestação, respectivamente. Plantas acima de 17 dias de idade toleram bem até os níveis mais altos da infestação. De maneira geral, a capacidade de recupera-

ção das plantas sobreviventes é grande, isto é, todas as folhas que surgem depois de suspensão a infestação são normais.

Tripes, *Frankliniella williamsi* Hood 1915 (Thysanoptera, Tripidae)

A ocorrência de tripes na cultura do milho é relativamente comum, especialmente nas espigas sem danos econômicos aparentes. No entanto, nos últimos anos, a sua incidência logo após a emergência tem causado danos significativos, por provocar a morte da planta. Muito ainda precisa ser pesquisado em relação a esse inseto; no entanto, por afetar diretamente o número de plantas na colheita, é um inseto que deve ser considerado nas estratégias de manejo. Normalmente, a distribuição regular de chuvas nos dias seguidos ao plantio e emergência do milho tem desfavorecido o inseto. Porém, períodos secos muitas vezes obrigam ao uso de medidas de controle.

12.2.4 Pragas da parte aérea (espiga)

Lagarta-da-espiga, *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera, Noctuidae)

A lagarta-da-espiga, *H. zea*, é considerada uma das mais importantes pragas do milho nos Estados Unidos, causando mais danos que qualquer outro inseto, especialmente quando o ataque ocorre em milho doce destinado à indústria. No Brasil, a importância da praga para a cultura de milho pode ser verificada com incidência média relatada de até 96,8% de infestação. Além do dano direto da praga consumindo os grãos em formação, os danos indiretos também são significativos e incluem a falta de formação de segundas espigas, ausência de fertilização de grande parte dos óvulos das espigas tardias, bem como a falha de grãos na extremidade livre das espigas. O ataque da lagarta-da-espiga tam-

bém favorece a infestação de outras pragas, principalmente as espécies *Sitophilus zeamais* Motschulsky e *Sitotroga cerealella* (Olivier). No Brasil, tem-se verificado também um aumento na incidência da praga, especialmente em função do desequilíbrio biológico, através de aplicações de inseticidas de amplo espectro de ação, que eliminam os seus inimigos naturais, especialmente as vespas do gênero *Trichogramma*.

O adulto de *H. zea* é uma mariposa com cerca de 40mm de envergadura, com as asas anteriores de coloração amarelo-par-da, com uma faixa transversal mais escura, apresentando também manchas escuras dispersas sobre as asas. As asas posteriores são mais claras, com uma faixa nas bordas externas. A fêmea fecunda-da põe os ovos em qualquer parte da planta, mas sua preferência é pelos estilos-estigmas. Os ovos geralmente são depositados in-dividualmente, podendo chegar até 15 por espiga. Medem cerca de 1mm de diâmetro, possuem forma hemisférica, com saliências laterais, e podem ser facilmente visualizados sobre os estilos-es-tigmas. Cada fêmea oviposita em média 1.000 ovos durante sua vida. Durante o verão, num período de três a quatro dias, dá-se a eclosão das lagartas, que começam a alimentar-se imediatamente. À medida que elas se desenvolvem, penetram no interior da espiga e iniciam a destruição dos grãos em formação. A lagarta completamente desenvolvida mede cerca de 35 mm e possui co-loração muito variável. Predomina a coloração entre verde-clara, rosa, marrom ou quase preta, com partes mais claras. O período larval varia de 13 a 25 dias, dependendo da temperatura. Findo o período larval, as lagartas saem da espiga e vão para o solo, onde se transformam na fase de pupa. O período pupal requer de 10 a 15 dias.

Mosca-da-espiga, *Euxesta* spp. (Diptera, Otitidae)

A mosca-da-espiga é um inseto pouco estudado em relação a sua biologia e importância econômica para a cultura do milho. Até mesmo em relação à espécie predominante não se tem uma clara definição.

Denominada mosca-do-cabelo do milho, é uma praga chave de milho doce, na Flórida, EUA. Em áreas não tratadas, a praga pode causar perdas de até 95%. O ciclo biológico da praga, de ovo a adulto, em condições de laboratório, foi de 28,3 dias, a 30°C, e 33,8 dias, a 25°C. A vida do adulto durou cerca de 26,7 dias. No campo, o inseto coloca seus ovos em grupos de 2 a 40, na ponta da espiga, entre os estilos-estigmas. As larvas desenvolvem alimentando-se dentro da espiga durante todo o seu ciclo larval.

O inseto adulto mede cerca de cinco milímetros de comprimento, de coloração escura e asas incolores, com manchas escuras. A oviposição é feita sobre os estilos-estigmas, e a eclosão das larvas se verifica dois a três dias após a postura. Apesar de ser considerada uma praga secundária, atualmente tem-se verificado um aumento na incidência da larva nas espigas, especialmente de milho doce ou tipo de milho com grãos mais macios. As larvas, uma vez alcançando os grãos ainda leitosos, penetram no seu interior, onde completam o desenvolvimento larvário. Pode ocorrer a distribuição das larvas por toda a espiga e não somente próximo ao local de ataque de lagartas. Muitas vezes, as larvas penetram pelo embrião da semente, alimentando-se totalmente do grão, deixando apenas a membrana externa. Nos últimos anos, tem-se verificado a presença da praga mesmo na ausência de espécies de Lepidoptera. Existem diferenças entre as espécies *E. eluta* e *E. annonae* em relação ao sítio de postura. Segundo o au-

tor, a postura de *E. eluta* é realizada preferencialmente em regiões mais úmidas, correlacionando dessa maneira com a presença de lagartas na espiga, como *H. zea*. Ao contrário, a presença de *E. annonae* foi verificada em espigas que não haviam sido previamente atacadas pela espécie de Lepidoptera.

12.3 Medidas de Controle

12.3.1 Medidas de controle para pragas subterrâneas associadas à cultura do milho

Em função da escassez de informações sobre a bioecologia das pragas subterrâneas, as recomendações de controle, muitas vezes, são de caráter geral. Uma delas se baseia na rotação de culturas, que influencia o grau de incidência de algumas espécies de pragas, de acordo com o tipo de cultivo utilizado na rotação, com a seqüência da rotação e com o tempo que se tenha cultivado a mesma espécie vegetal antes de mudar para outra. O potencial de dano de uma praga subterrânea é baixo na cultura do milho, quando esse é semeado após a soja, não necessitando, portanto, de medidas químicas de controle. Porém, quando o milho é semeado após milho ou após pastagem, pode-se esperar problemas maiores, especialmente em relação ao bicho-bolo, larvarame e larva-alfinete. Controle efetivo pode também ser alcançado em áreas de plantio convencional. O tipo de equipamento, a época, a profundidade e a freqüência de cultivo podem afetar a sobrevivência de certos insetos de solo. Por exemplo, a aração e a gradagem têm efeitos diretos na sobrevivência de alguns insetos, ao provocarem sua morte por esmagamento, ou indiretos, especialmente através das altas temperaturas que são atingidas na superfície do solo removido, após o preparo para o plantio, que são letais para várias espécies de insetos. Práticas culturais como

a eliminação de hospedeiros intermediários, principalmente após a colheita, é outra medida que contribui para diminuir a população de pragas subterrâneas, aliviando a pressão de infestações que ocorreriam no próximo cultivo.

Devido principalmente à falta de medidas alternativas eficientes e também provavelmente pela facilidade de aplicação, o controle químico ainda tem se constituído na prática mais extensamente empregada para o controle de pragas subterrâneas. Embora, de modo geral, o controle se baseie em aplicações preventivas, o agricultor pode e deve lançar mão do monitoramento de tais pragas, considerando, principalmente, a menor mobilidade de tais espécies no solo. Podem ser utilizadas plantas atrativas como arroz, tfigo, sorgo ou o próprio milho, semeado antes do plantio definitivo. Para efetivar essa técnica, o agricultor deve utilizar lotes de 10 a 20 sementes, dependendo de seu tamanho, semeando-as em diferentes locais da área a ser cultivada com o milho. Cerca de uma semana após a emergência, cavar ao redor da "touceira" de plântulas e verificar a presença das pragas. O agricultor pode também utilizar a técnica de amostragem em áreas pré-definidas, utilizando uma pá reta, cavando valas de 20 cm de profundidade, 20 cm de largura e 100 cm de comprimento, coletando e identificando os insetos presentes, após peneiramento da terra.

Uma vez identificada a presença das pragas subterrâneas, deve lançar mão de uma medida de controle. Uma dessas medidas é baseada no tratamento da semente com inseticidas sistêmicos. Esse método dá proteção à semente e/ou plântula, seja pelo efeito direto do produto em contato com a praga, causando sua morte, ou pelo efeito de repelência, não deixando que a praga ocasione danos. Dessa maneira, tem-se maior número de

plantas por unidade de área do que se teria se não fosse efetuado nenhum tipo de controle. O tratamento de sementes requer menos quantidade de ingrediente ativo do que a aplicação no sulco de plantio, seja através de pulverizações ou através de produtos granulados. Como conseqüência, o custo do controle é menor.

Os inseticidas, geralmente, apresentam desempenhos diferenciados em relação às pragas. Por exemplo, para controlar o bicho-bolo, *D. abderus*, baseando-se no número de larvas vivas, na população de plantas e na produtividade de grãos, os melhores produtos foram thiodicarb (700g/100 kg de sementes), carbosulfan (500g), e furathiocarb (640g).

Em estudos visando ao controle de larva-aramé, relatou-se a eficiência dos produtos carbosulfan e lindane, utilizados via tratamento de sementes, na redução do número de plantas mortas por espécies de larva-aramé, na cultura do trigo.

Além do tratamento de sementes, a aplicação de inseticidas via pulverização no sulco de plantio também têm sido avaliada para o controle de algumas pragas subterrâneas. Por exemplo, em pesquisa avaliando a eficiência de diversos inseticidas aplicados através de diferentes métodos para o controle de *Diabrotica*, em área com a presença tanto de *D. speciosa* quanto de *D. viridula*, obteve-se maior eficiência com a utilização de inseticidas aplicados no sulco de plantio, na formulação granulada, ou na formulação líquida, em pulverização, quando comparado às aplicações dos inseticidas via tratamento de sementes. Na safrinha, para o controle de *S. castanea*, com inseticidas via tratamento de semente ou aplicados sobre o solo, destacou-se apenas o inseticida clorpirifós como eficiente, quando pulverizado no sulco de plan-

tio. Em outro trabalho na mesma cultura, em avaliação realizada aos 55 dias após a semeadura, encontrou-se maior eficiência na redução populacional do inseto empregando os inseticidas (gramas de ingrediente ativo/ha) terbufos (2000 e 3000), fipronil (80 g) e endosulfan (525 e 1050 g), estimando níveis médios de mortalidade de 97,9; 95,8; 76,3 e 64,6%, respectivamente. Foi observado que, aos 38 dias após a aplicação, os inseticidas terbufós, clorpirifós e endosulfan foram os inseticidas mais eficientes na redução da população do percevejo castanho, em milho safrinha.

Em avaliação visando ao controle da larva-aramé, em milho, melhores resultados foram obtidos através da pulverização no sulco de plantio, com os inseticidas terbufós e clorpirifós, em relação ao tratamento de sementes com carbofuran ou thiodicarb.

Portanto, para algumas pragas, o tratamento de sementes tem funcionado muito bem, enquanto, em outras situações, bons resultados têm sido encontrados pela aplicação de inseticidas no sulco de plantio.

12.3.2 Medidas de controle para as pragas de colmo

a) Tratamento de sementes

Os primeiros inseticidas registrados via tratamento de sementes tiveram como alvo principal o controle de *E. lignosellus*. Os resultados de pesquisa mostravam diferenças altamente significativas entre parcelas tratadas e não tratadas, seja pelo controle específico da praga ou pelo efeito global, especialmente em áreas onde normalmente também ocorrem pragas subterrâneas. O tratamento de sementes também é eficaz para o controle da lagarta-rosca e broca da cana-de-açúcar, porém somente para os ataques em plântulas.

b) Pulverizações convencionais

Uma vez estabelecida a cultura sem o tratamento prévio da semente, a opção será a pulverização com inseticidas de contato, em alto volume, com jato dirigido da calda para a base da planta, onde se encontra tanto a lagarta-elasmô quanto a lagarta-rosca. Deve-se aplicar o produto tão logo sejam detectados os primeiros sintomas de ataque; portanto, é fundamental o monitoramento constante dentro da lavoura, pelo menos da emergência até cerca de vinte dias do plantio.

O controle da broca da cana-de-açúcar é o mais complexo, pois, uma vez dentro do colmo da planta, a lagarta não mais é atingida por medidas convencionais de controle, como a pulverização com inseticidas químicos. Às vezes, quando a infestação é muito alta, pode-se aplicar os produtos para tentar o controle de ovos e/ou lagartas pequenas que ainda não penetraram no colmo. Na cana-de-açúcar, o controle biológico tem sido uma realidade no Brasil. Existem laboratórios de produção de moscas e vespas, que são liberadas na área e, em função da capacidade inerente de busca de cada espécie liberada, procuram e controlam eficientemente a praga. Com o aumento da incidência na cultura do milho, tal tecnologia biológica pode ser facilmente adaptável. Atualmente, pela facilidade de produção e baixo custo, o parasitóide de ovos do gênero *Trichogramma*, *T. pretiosum* e *T. galloi* tem sido indicado para o controle biológico dessa praga tanto na cana-de-açúcar quanto no milho.

12.3.3 Medidas de controle de insetos mastigadores que atacam a fase vegetativa do milho

A lagarta-do-cartucho é, sem dúvida, a praga de maior preocupação em termos de manejo, em virtude da sua ocorrência

em praticamente todas as fases de desenvolvimento da planta. Em função disso, diferentes estratégias de manejo precisam ser adotadas. Ataque no início de desenvolvimento da cultura de milho acarretará uma redução do número de plantas na área, pois a plântula fatalmente será morta pela praga. Em função da pequena área foliar da planta, muitas vezes, o controle via pulverização convencional não é eficiente, pois o produto não fica retido na folha, diminuindo seu período residual. A medida de controle baseada no uso de inseticidas sistêmicos via tratamento de sementes tem sido uma alternativa viável, podendo ser utilizados os mesmos produtos adotados para o controle da lagarta-elasmô.

Em plantas mais desenvolvidas, ou seja, a partir do estágio de oito folhas, muitas vezes, a eficiência esperada do controle da praga não é alcançada, não pela ineficiência do produto utilizado, mas, sim, devido ao método de aplicação. Por exemplo, em estágios mais avançados de desenvolvimento da planta, a eficiência da aplicação via trator pode cair significativamente, devido ao tombamento das plantas pela própria barra de pulverização, fazendo com que o produto não atinja o centro do cartucho da planta onde se encontra a praga.

Devido às características de ataque da lagarta-militar na cultura de milho, geralmente em surtos, a aplicação de inseticidas químicos deve ser imediata e dirigida para todas as partes da planta. Quando o ataque da praga ocorre em plantas cujo estágio de desenvolvimento impede a entrada de equipamentos como o trator, pode-se fazer uso da pulverização via água de irrigação ou através de avião. Considerando que a ocorrência inicial da praga pode ser nas plantas daninhas dentro ou fora da cultura do milho, muitas vezes, o controle desses focos resulta em uma maior eficiência e um menor custo, por ser uma aplicação localizada.

12.3.4 Medidas de controle de insetos sugadores que atacam a fase vegetativa do milho

Dependendo do nível de infestação do pulgão-do-milho, às vezes, é necessário o controle químico desses insetos, principalmente quando não existem inimigos naturais em quantidade suficiente para seu controle. Além disso, deve-se preocupar com o estágio de desenvolvimento da cultura, pois pode não ser possível a entrada com os equipamentos de aplicação, o que permitiria um aumento significativo da população da praga. O inseto é muito suscetível à ação de produtos de contato ou sistêmico.

Muitas vezes, essa praga não consegue atingir uma alta população em função de vários inimigos naturais presentes na área. Entre os mais importantes agentes de controle biológico estão os insetos popularmente conhecidos por "joaninhas" (*Hippodamia*, *Cycloneda*, *Coleomegilla* entre outras - Coleoptera: *Coccinellidae*), cujas larvas e adultos alimentam-se tanto de adultos como de formas imaturas do pulgão; as ninfas e adultos da tesourinha *Doru luteipes* Scudder (Dermaptera: *Forficulidae*); as formas imaturas de *Syrphidae* (Diptera) e de *Chrysopidae*, especialmente *Chrysoperla externa* (Neuroptera).

Para a cigarrinha *D. maidis*, considerando que os danos são mais significativos em relação às doenças transmitidas e que basta uma picada do inseto para que ocorra a transmissão, a eficiência do controle do vetor não tem sido suficiente para evitar os danos ocasionados pelas doenças. Deve-se, portanto, lançar mão de outras táticas de manejo. Evitar o plantio de cultivares muito suscetíveis.

O tratamento de sementes tem sido uma alternativa viável para o controle dos percevejos. Pesquisa sobre a eficiência e

praticabilidade agronômica do imidacloprid (Gaucho 700 PM, nas doses de 140 e 210 g do ingrediente ativo/100 kg de sementes), comparando-o com uma pulverização convencional com methamidophos (Tamaron BR, a 240 g/ha., aplicado um e 14 dias após a semeadura). A eficiência do tratamento de sementes no controle do inseto foi superior a 87%, em avaliações realizadas aos 20 e 30 dias após a emergência da planta.

O tratamento da semente propicia um controle relativamente bom, porém com um residual muito pequeno. Assim sendo, dependendo da população da praga (dois percevejos por metro de sulco), haverá necessidade de utilização de medidas complementares, através da pulverização. Nesse caso, o inseticida deve ser direcionado especialmente para atingir o colmo da planta, onde normalmente encontra-se o inseto.

Com relação à cigarrinha *D. flavopicta*, deve-se estar atento para as possíveis migrações do inseto das pastagens para o milho ainda jovem. O tratamento de sementes pode dar um bom controle se as infestações forem precoces. Quando o ataque é intenso e em plantas maiores, se for necessária alguma medida química de controle, deve-se dar preferência para os produtos seletivos e de baixa toxicidade.

Considerando a importância do tripses para a cultura do milho, que geralmente logo após a emergência da planta, estudos sobre o desempenho de inseticidas via tratamento de sementes têm sido realizados. Por exemplo, em pesquisa conduzida em parcelas de milho de 54m², cujas sementes foram tratadas com diferentes inseticidas {produtos aplicados em 100 kg de sementes: imidacloprid (Gaucho 700 PM - 0,5 kg de p.c.), imidacloprid (Gaucho 600 SC - 0,4, 0,6 e 0,8 litros de p.c.) e carbofuran (Furazín

310 SC - 2,26 litros de p.c.)} e amostrando e contando o número total de ninfas e adultos de tripes presentes nas bainhas e limbos foliares de 10 plantas/parcela, aos 12 e aos 18 dias após a emergência da cultura, encontrou-se eficiência variando de 59 a 90%, e de 83 a 96%, respectivamente.

12.3.5 Medidas de controle para as pragas da parte aérea (espiga)

A presença de inimigos naturais, especialmente parasitóides de ovos como *Trichogramma* e os predadores *Orius* e *D. luteipes*, tem sido suficiente para manter a lagarta-da-espiga em baixa densidade populacional. Em situações em que o controle natural não tem sido efetivo, o controle biológico aplicado pode ser utilizado especialmente através de espécies de *Trichogramma* (parasitóide de ovos), já disponíveis comercialmente no Brasil. Se a medida de controle for baseada em produtos químicos, devem ser utilizadas logo após o início das posturas, para que o produto possa atingir as lagartas ainda na parte externa da espiga, e, portanto, desprotegidas pela palha.

A mosca-da-espiga, até o momento, não tem sido considerada de importância econômica, a não ser quando a sua população atinge altos níveis, especialmente na cultura de milho doce e milho destinado à produção de sementes. O uso de cultivares com bom empalhamento, dificultando a entrada de espécies primárias, tem sido a medida cultural de controle dessa praga.

12.4 Considerações sobre os inseticidas químicos registrados para uso na cultura de milho

1 Via tratamento de sementes

Embora o controle de pragas por meio do uso de inseticidas, via tratamento de sementes, seja uma estratégia importante

para o manejo de pragas na cultura do milho, não se pode ter uma generalização em termos da escolha de produto. Isso porque cada produto tem seu registro para determinadas pragas. As Tabelas 12.1, 12.2 e 12.3 mostram as características dos produtos registrados e as pragas para as quais são registrados.

2 Via pulverização

Visando principalmente a conservação dos agentes de controle biológico natural, é fundamental que os inseticidas sejam escolhidos não só pela eficiência sobre as pragas. Aspectos relacionados a seletividade devem ser priorizados na hora da escolha do produto. A Tabela 12.4 mostra os inseticidas com registro para uso na parte aérea da planta de milho e as Figuras 12.1 e 12.2 mostram uma síntese dos produtos registrados para uso contra a lagarta-do-cartucho. Detalhes sobre a seletividade de cada produto podem ser conseguidos nos escritórios da Emater, em revendas e na própria empresa fabricante dos produtos.

Tabela 12.1. Inseticidas registrados para o controle de pragas de milho, via tratamento de sementes (Fonte: MAPA, Agrofit, 2006, www.agricultura.gov.br, acesso em 07 de dezembro de 2006).

Praga (nome científico)	Praga (nome comum)	Local de ataque	Inseticida	Dose do produto comercial	
				Intervalo	Unidade
<i>Astylus variegatus</i>	Lagarta-angorá	Semente	Furadan 350 TS	2	3 l/100 Kg sem.
<i>Phyllophaga cuyabana</i>	Bicho-bolo		Standak	100	200 ml/100 kg sem
<i>Procornitermes triacifer</i>	Cupim		Furadan 350 TS	2	3 l/100 Kg sem.
			Furazin 310		2,25 l/100 Kg sem.
			Gaúcho FS		250 ml/100 Kg sem.
			Marzinc 250 DS	2	kg/100 Kg sem.
<i>Cornitermes snyderi</i>	Cupim-chato	Semente e raízes	Oncol Sipcam	1,75	2,5 l/100 Kg sem.
			Furadan 350 TS	2	3 l/100 Kg sem.
			Furazin 310		2,25 l/100 Kg sem.
			Marzinc 250 DS	2	kg/100 Kg sem.
<i>Syntermes molestus</i>	Cupim-de-montículo		Gaúcho		1 kg/100 Kg sem.
			Furadan 350 TS	2	3 l/100 Kg sem.
			Furazin 310		2,25 l/100 Kg sem.
			Gaúcho FS		400 ml/100 Kg sem.
			Marzinc 250 DS	2	kg/100 Kg sem.
			Oncol Sipcam	1,75	2,5 l/100 Kg sem.
			Semevin 350		2 l/100 Kg sem.
<i>Diabrotica speciosa</i>	Larva-alfinete		Gaúcho		700 g/100 Kg sem.
<i>Diloboderus abderus</i>	Pão-de-galinha		Semevin 350		2 l/100 Kg sem.
			Futur 300		2 l/100 Kg sem.
<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	Lagarta-elasma	Coletor	Cruiser 700 WS		300 g/100 Kg sem.
			Carboran Fersol 350 SC		2 l/100 Kg sem.
			Furadan 350 TS	2	3 l/100 Kg sem.
			Furazin 310		2,25 l/100 Kg sem.
			Futur 300		2 l/100 Kg sem.
			Marzinc 250 DS	2	kg/100 Kg sem.
			Promet 400 SC		1,6 l/100 Kg sem.
			Ralzer 350 TS	2	3 l/100 Kg sem.
Semevin 350		2 l/100 Kg sem.			

Tabela 12.1. Inseticidas registrados para o controle de pragas de milho, via tratamento de sementes. (Continuação)

Praga (nome científico)	Praga (nome comum)	Local de ataque	Inseticida	Dose do produto comercial		
				Intervalo	Unidade	
<i>Agrotis ipsilon</i>	Lagarta-rosca	Colmo	Furadan 350 TS	2	3	l/100 Kg sem.
<i>Dichelops</i>	Percevejo-barriga-verde	Folha e coleto	Cruiser 700 WS		300	g/100 Kg sem.
			Poncho		350	ml/100 kg sem.
<i>Frankliniella williamsi</i>	Tripes		Gaúcho FS		800	ml/100 Kg sem.
			Poncho		350	ml/100 kg
<i>Rhopalosiphum maidis</i>	Pulgão-do-milho		Gaúcho FS		400	ml/100 Kg sem.
			Gaúcho FS		350	ml/100 Kg sem.
			Ralzer 350 TS	2	3	l/100 Kg sem.
<i>Dalbulus maidis</i>	Cigarrinha-do-milho	Folha	Poncho		400	ml/100 kg
			Cruiser 700 WS	150	200	g/100 Kg sem.
			Gaúcho FS		800	ml/100 Kg sem.
<i>Deois flavopicta</i>	Cigarrinha-das-pastagens		Poncho		400	ml/100 kg
			Cruiser 700 WS	150	200	g/100 Kg sem.
			Gaúcho FS		600	ml/100 Kg sem.
<i>Spodoptera frugiperda</i>	Lagarta-do-cartucho		Semevin 350		2	l/100 Kg sem.
			Carboran Fersol 350 SC		2	l/100 Kg sem.
			Furadan 350 TS	2	3	l/100 Kg sem.
			Futur 300		2	l/100 Kg sem.
			Promet 400 SC		1,6	l/100 Kg sem.
			Ralzer 350 TS	2	3	l/100 Kg sem.
			Semevin 350		2	l/100 Kg sem.

Tabela 12.2. Classificação toxicológica e ambiental dos inseticidas registrados para uso no controle de diferentes pragas de milho, via tratamento de sementes (Fonte: MAPA, Agrofit, 2006, www.agricultura.gov.br , acesso em 07 de dezembro de 2006).

Inseticidas TS	Ingrediente ativo	Concentração de l.a	Grupo químico	Classificação	
				Toxicológica	Ambiental
<i>Carboran Fersol 350 SC</i>	Carbofuran	350 g/litro	Metil carbamato de benzofuranila	I. Extremamente tóxico	Em adequação
<i>Cropstar</i>	Imidacloprido +	150 g/l +	Neocotinóide + metilcarbamato de oxima	de	II. Altamente tóxico
	tiodicarbe	450 g/l			
<i>Cruiser 700 WS</i>	Tiametoxan	700 g/kg	Neocotinóide	III. Medianamente tóxico	III. Perigoso
<i>Fenix</i>	Carbosulfano	250 g/l	Metil carbamato de benzofuranila	II. Altamente tóxico	II. Muito perigoso
<i>Furadan 350 TS</i>	Carbofuran	350 g/l	Metil carbamato de benzofuranila	I. Extremamente tóxico	II. Muito perigoso
<i>Furazin 310</i>	Carbofuran	310 g/l	Metil carbamato de benzofuranila	I. Extremamente tóxico	II. Muito perigoso
<i>Futur 300</i>	Tiodicarbe	300 g/l	Metil carbamato de oxima	III. Medianamente tóxico	III. Perigoso
<i>Gaucho</i>	Imidacloprido	700 g/kg	Neocotinóide	IV. Pouco tóxico	III. Perigoso
<i>Gaucho FS</i>	Imidacloprido	600 g/kg	Neocotinóide	IV. Pouco tóxico	III. Perigoso
<i>Marzinc 250 DS</i>	Carbosulfan	250 g/kg	Metil carbamato de oxima	II. Altamente tóxico	II. Muito perigoso
<i>Oncol Sipcam</i>	Benfuracarbe	400 g/l	Metil carbamato de benzofuranila	II. Altamente tóxico	I. Altamente perigoso
<i>Pancho</i>	Clotianidina	600 g/l	Neocotinóide	III. Medianamente tóxico	III. Perigoso
<i>Promet 400 SC</i>	Furatiocarb	400 g/l	Metil carbamato de benzofuranila	III. Medianamente tóxico	II. Muito perigoso
<i>Ralzer 350 TS</i>	Carbofuran	350 g/l	Metil carbamato de benzofuranila	I. Extremamente tóxico	II. Muito perigoso
<i>Semevin 350</i>	Tiodicarbe	350 g/l	Metil carbamato de oxima	III. Medianamente tóxico	III. Perigoso
<i>Standak</i>	Fipronil	250g/l	Pirazol	IV. Pouco tóxico	II. Muito perigoso

Tabela 12.3. Inseticidas registrados para uso no controle de diferentes pragas de milho, via tratamento de sementes (MAPA, AGROFIT , Nov. 2006).

Inseticidas TS*	Pragas subterrâneas**							<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	<i>Agrotis ipsilon</i>	<i>Spodoptera frugiperda</i>	<i>Frankliniella williamsi</i>	<i>Deois flavopicta</i>	<i>Dichelops</i>	<i>Diatribus maidis</i>	<i>Rhopalosiphum maidis</i>	Soma S
	1	2	3	4	5	6	7									
<i>Carboran Fersol</i>	N	N	N	N	N	N	N	S	N	S	N	N	N	N	N	2
<i>Cropstar</i>	N	N	N	N	N	N	N	S	N	S	S	N	S	N	S	6
<i>Cruiser 700 WS</i>	N	N	N	N	N	N	N	S	N	N	S	S	S	N	N	4
<i>Fenix</i>	N	S	S	S	N	N	S	N	N	N	S	N	N	N	N	5
<i>Furadan 350 TS</i>	S	S	S	S	N	N	S	S	S	N	N	N	N	N	N	7
<i>Furazin 310</i>	N	S	S	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	4
<i>Futur 300</i>	N	N	N	N	S	N	S	N	S	N	N	N	N	N	N	3
<i>Gaucho</i>	N	N	N	S	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	2
<i>Gaucho FS</i>	N	N	S	S	N	N	N	N	N	S	S	S	S	S	S	7
<i>Marzinc 250 DS</i>	N	S	S	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	4
<i>Oncol Sipcam</i>	N	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	2
<i>Pancho</i>	N	N	N	N	N	N	N	N	N	S	N	S	S	S	S	4
<i>Promet 400 SC</i>	N	N	N	N	N	N	S	N	S	N	N	N	N	N	N	2
<i>Ralzer 350 TS</i>	N	N	N	N	N	N	S	S	S	N	N	N	N	N	N	3
<i>Semevin 350</i>	N	N	N	S	S	N	S	N	S	N	S	N	N	N	N	5
<i>Standak</i>	N	N	N	N	N	S	N	N	N	S	N	S	S	S	S	5

* S (registrado); N (não registrado)

** 1. *Astylus variegatus*; 2. *Cornitermes snyderi*; 3. *Procornitermes triacifer*; 4. *Syntermes molestus*; 5. *Diloboderus abderus*; 6. *Diabrotica speciosa*; 7. *Phyllophaga cuyabana*

Tabela 12.4. Inseticidas registrados para uso contra as principais pragas da parte aérea da cultura do milho (Detalhes sobre dose e uso podem ser encontrados em <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit>, acesso em 19 de junho de 2007).

Marca Comercial	Titular de Registro	Ingrediente Ativo(Grupo Químico)
Agrotis ipsilon (lagarta-rosca)		
Carbaryl Fersol Pó 75F	Fersol Indústria e Comércio S. A.	carbaryl (metilcarbamato de naftila)
Counter 150 G	Basf S. A.	terbufós (organofosforado)
Furadan 350 TS	FMC Química do Brasil Ltda	carbofurano (metilcarbamato de benzofuranila)
Galgotrin	Chemotécnica Sintyl do Brasil	cipermetrina (piretróide)
Karate Zeon 250 CS	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.	lambda-cialotrina (piretróide)
Lorsban 480 BR	Dow Agrosciences Industrial Ltda. - São Paulo	clorpirifós (organofosforado)
Pounce 384 EC	FMC Química do Brasil Ltda	permetrina (piretróide)
Vexter	Dow Agrosciences Industrial Ltda	clorpirifós (organofosforado)
Dalbulus maidis (cigarrinha-do-milho)		
Cruiser 350 FS	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.	tiametoxam (neonicotinóide)
Cruiser 700 WS	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.	tiametoxam (neonicotinóide)
Gaucho FS	Bayer S. A	imidacloprido (neonicotinóide)
Poncho	Bayer S. A	clotianidina (neonicotinóide)
Deois flavopicta (cigarrinha-das-pastagens)		
Cropstar	Bayer S. A	imidacloprido (neonicotinóide) + tiodicarbe (metilcarbamato de oxima)
Cruiser 350 FS	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.	tiametoxam (neonicotinóide)
Cruiser 700 WS	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.	tiametoxam (neonicotinóide)
Diafuran 50	Arysta Lifescience do Brasil Indústria Química e Agropecuária	carbofurano (metilcarbamato de benzofuranila)
Fenix	FMC Química do Brasil Ltda	carbosulfano (metilcarbamato de benzofuranila)
Gaucho FS	Bayer S. A.	imidacloprido (neonicotinóide)
Semevin 350	Bayer S. A	tiodicarbe (metilcarbamato de oxima)
Diabrotica speciosa (vaquinha)		
Astro	Bayer S. A	clorpirifós (organofosforado)
Capture 400 EC	FMC Química do Brasil Ltda	bifentrina (piretróide)
Counter 150 G	Basf S. A.	terbufós (organofosforado)
Gaucho	Bayer S. A	imidacloprido (neonicotinóide)
Granutox	Basf S. A.	forato (organofosforado)
Granutox 150 G	Basf S.A.	forato (organofosforado)
Lorsban 10 GR	Dow Agrosciences Industrial Ltda	clorpirifós (organofosforado)
Regent 800 WG	Basf S.A.	fipronil (pirazol)
Sabre	Dow Agrosciences Industrial Ltda	clorpirifós (organofosforado)
Dichelops melacanthus (percevejo barriga-verde)		
Connect	Bayer S. A	beta-ciflutrina (piretróide) + imidacloprido (neonicotinóide)
Cropstar	Bayer S. A	imidacloprido (neonicotinóide) + tiodicarbe (metilcarbamato de oxima)
Engeo	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.	cipermetrina (piretróide) + tiametoxam (neonicotinóide)
Engeo Pleno	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.	lambda-cialotrina (piretróide) + tiametoxam (neonicotinóide)
Platinum	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.	cipermetrina (piretróide) + tiametoxam (neonicotinóide)
Poncho	Bayer S. A	Clotianidina (neonicotinóide)

Tabela 12.4. Inseticidas registrados para uso contra as principais pragas da parte aérea da cultura do milho (Detalhes sobre dose e uso podem ser encontrados em <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit>, acesso em 19 de junho de 2007). (Cont.)

Marca Comercial	Titular de Registro	Ingrediente Ativo(Grupo Químico)
<i>Dichelops furcatus</i> (percevejo barriga-verde)		
<i>Cruiser 350 FS</i>	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.	tiametoxam (neonicotinóide)
<i>Cruiser 700 WS</i>	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.	tiametoxam (neonicotinóide)
<i>Gaucho FS</i>	Bayer S. A.	imidacloprido (neonicotinóide)
<i>Poncho</i>	Bayer S. A.	clotianidina (neonicotinóide)
<i>Elasmopalpus lignosellus</i> (Lagarta-elasmô)		
<i>Carbaryl Fersol Pó 75</i>	Fersol Indústria e Comércio S. A.	carbaril (metilcarbamato de naftila)
<i>Carboran Fersol 350 SC</i>	Fersol Indústria e Comércio S. A.	carbofurano (metilcarbamato de benzofuranila)
<i>Cropstar</i>	Bayer S. A.	imidacloprido (neonicotinóide) + tiodicarbe (metilcarbamato de oxima)
<i>Cruiser 350 FS</i>	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.	tiametoxam (neonicotinóide)
<i>Cruiser 700 WS</i>	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.	tiametoxam (neonicotinóide)
<i>Diafuran 50</i>	Arysta Lifescience do Brasil Indústria Química e Agropecuária	carbofurano (metilcarbamato de benzofuranila)
<i>Fenix</i>	FMC Química do Brasil Ltda.	carbosulfano (metilcarbamato de benzofuranila)
<i>Furadan 350 SC</i>	FMC Química do Brasil Ltda.	carbofurano (metilcarbamato de benzofuranila)
<i>Furadan 350 TS</i>	FMC Química do Brasil Ltda.	carbofurano (metilcarbamato de benzofuranila)
<i>Furadan 50 G</i>	FMC Química do Brasil Ltda.	carbofurano (metilcarbamato de benzofuranila)
<i>Furazin 310 FS</i>	FMC Química do Brasil Ltda.	carbofurano (metilcarbamato de benzofuranila)
<i>Futur 300</i>	Bayer S. A.	tiodicarbe (metilcarbamato de oxima)
<i>Lorsban 480 BR</i>	Dow Agrosociências Industrial Ltda. – São Paulo	clorpirifós (organofosforado)
<i>Marzinc 250 DS</i>	FMC Química do Brasil Ltda.	carbosulfano (metilcarbamato de benzofuranila)
<i>Promet 400 CS</i>	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.	furatiocarbe (metilcarbamato de benzofuranila)
<i>Semevin 350</i>	Bayer S. A.	tiodicarbe (metilcarbamato de oxima)
<i>Vextex</i>	Dow Agrosociências Industrial Ltda. – São Paulo	clorpirifós (organofosforado)
<i>Frankliniella williamsi</i> (percevejo)		
<i>Cropstar</i>	Bayer S. A.	imidacloprido (neonicotinóide) + tiodicarbe (metilcarbamato de oxima)
<i>Engevo Pleno</i>	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.	lambda-cialotrina (piretróide) + tiametoxam (neonicotinóide)
<i>Gaucho FS</i>	Bayer S. A.	imidacloprido (neonicotinóide)
<i>Poncho</i>	Bayer S. A.	Clotianidina (neonicotinóide)
<i>Mocis latipes</i> (lagarta-dos-capinzais ou militar)		
<i>Carbaryl Fersol Pó 75</i>	Fersol Indústria e Comércio S. A.	carbaril (metilcarbamato de naftila)
<i>Dipterex 500</i>	Bayer S. A.	triclorfom (organofosforado)
<i>Lorsban 480 BR</i>	Dow Agrosociências Industrial Ltda.	clorpirifós (organofosforado)
<i>Malathion 500 CE</i>	Action s.a.	malationa (organofosforado)
<i>Sultox</i>		
<i>Thuricide</i>	Iharabras S. A. Indústrias Químicas	Bacillus thuringiensis (biológico)
<i>Triclorfon 500 Milenia</i>	Milenia agrociências s.a.	triclorfom (organofosforado)
<i>Vextex</i>	Dow Agrosociências Industrial Ltda.	clorpirifós (organofosforado)
<i>Rhopalosiphum maidis</i> (pulgão da folha)		
<i>Cropstar</i>	Bayer S. A.	imidacloprido (neonicotinóide) + tiodicarbe (metilcarbamato de oxima)
<i>Gaucho FS</i>	Bayer S. A.	imidacloprido (neonicotinóide)
<i>Poncho</i>	Bayer S. A.	clotianidina (neonicotinóide)
<i>Helicoverpa zea</i> (lagarta-de-espiga)		
<i>Carbaryl Fersol Pó 75</i>	Fersol Indústria e Comércio S. A.	carbaril (metilcarbamato de naftila)
<i>Dipterex 500</i>	Bayer S. A.	triclorfom (organofosforado)
<i>Triclorfon 500 Milenia</i>	Milenia Agrociências S. A.	triclorfom (organofosforado)

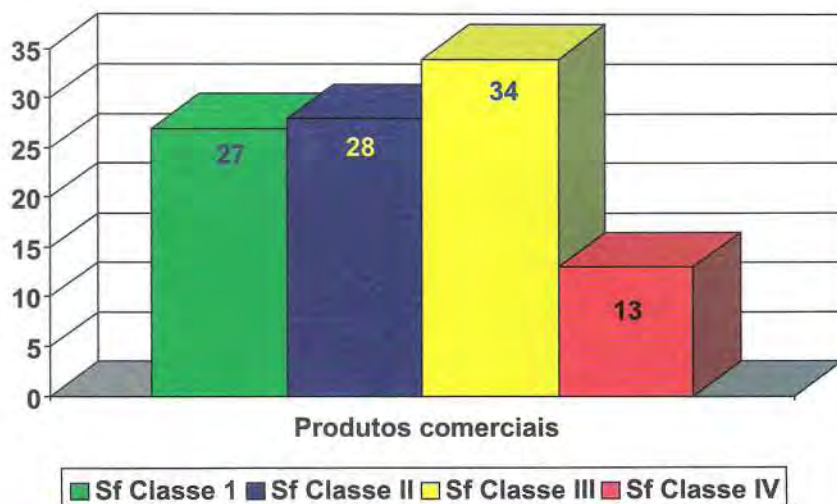


Figura 12.1. Distribuição numérica, por classe toxicológica, de inseticidas registrados para uso no controle da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho.

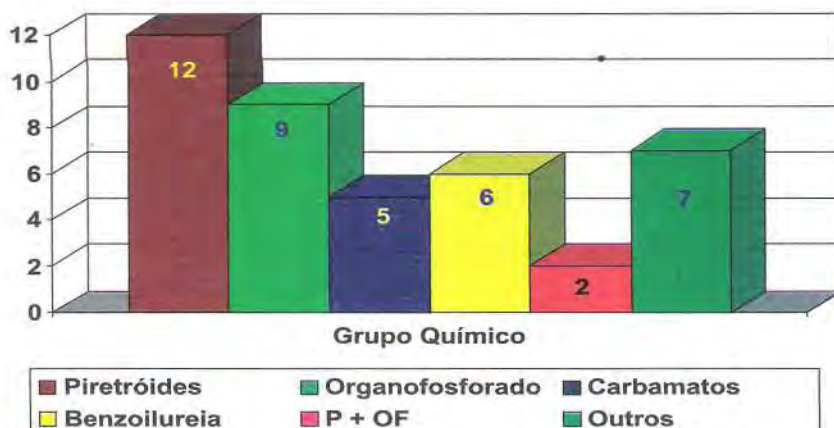


Figura 12.2. Distribuição numérica, por grupo químico, dos ingrediente ativo de inseticidas registrados para uso no controle da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho.



Figura 12.3. Pragas subterrâneas

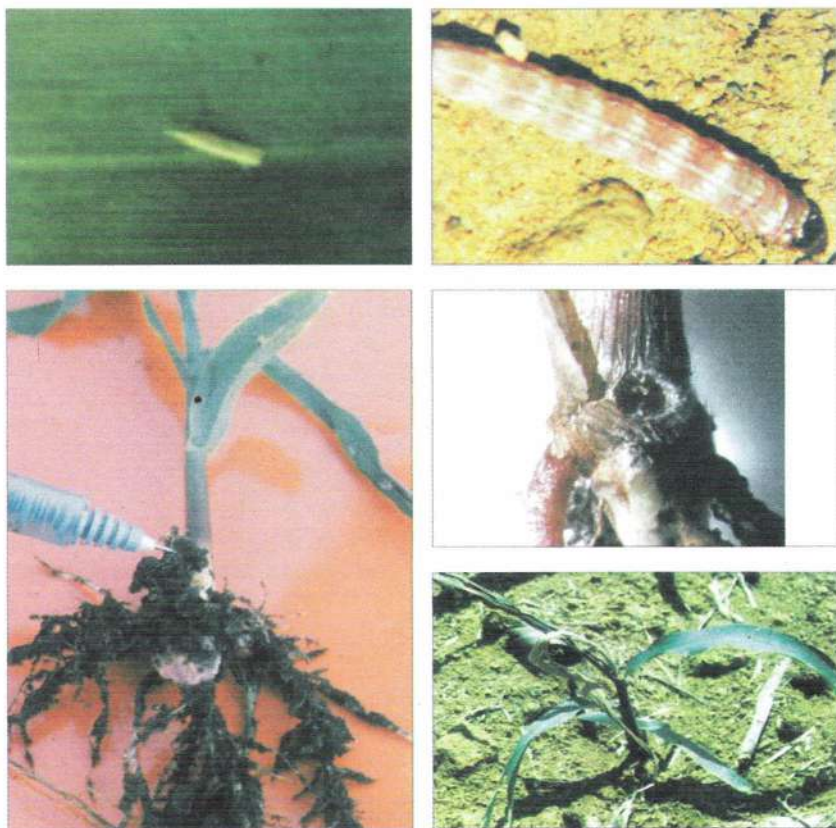


Figura 12.4. *Elasmopalpus lignosellus*

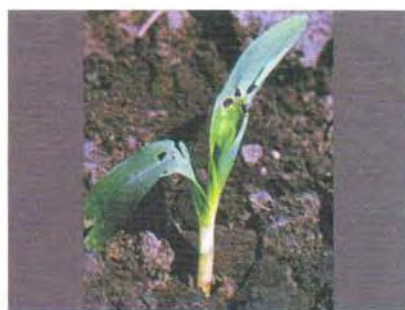


Figura 12.5. *Agrotis ipsilon*

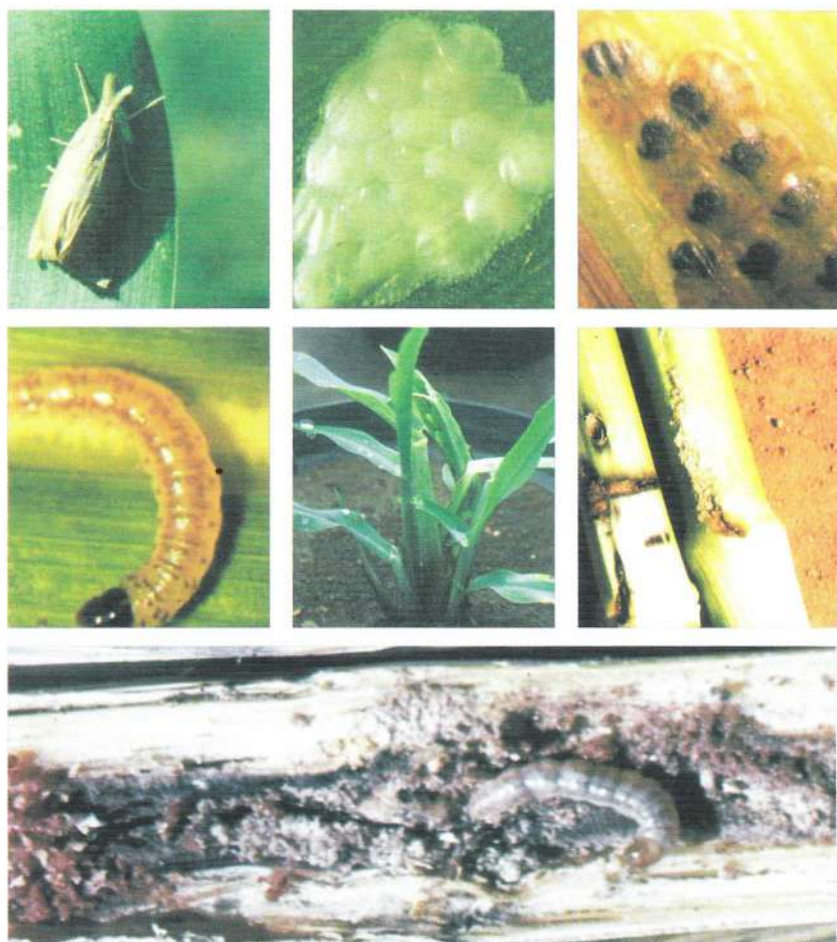


Figura 12.6. *Diatraea saccharalis*

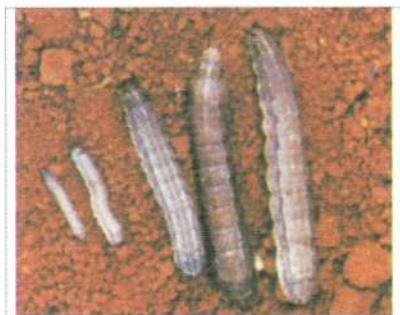
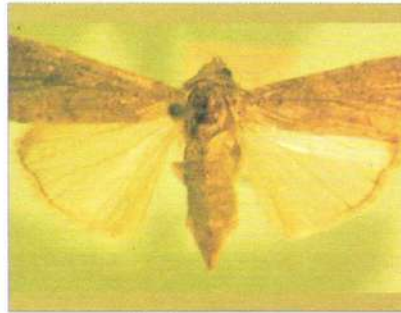


Figura 12.7. Biologia da *Spodoptera frugiperda*



Figura 12.8. Danos da *Spodoptera frugiperda*



Figura 12.9. *Mocis latipes*

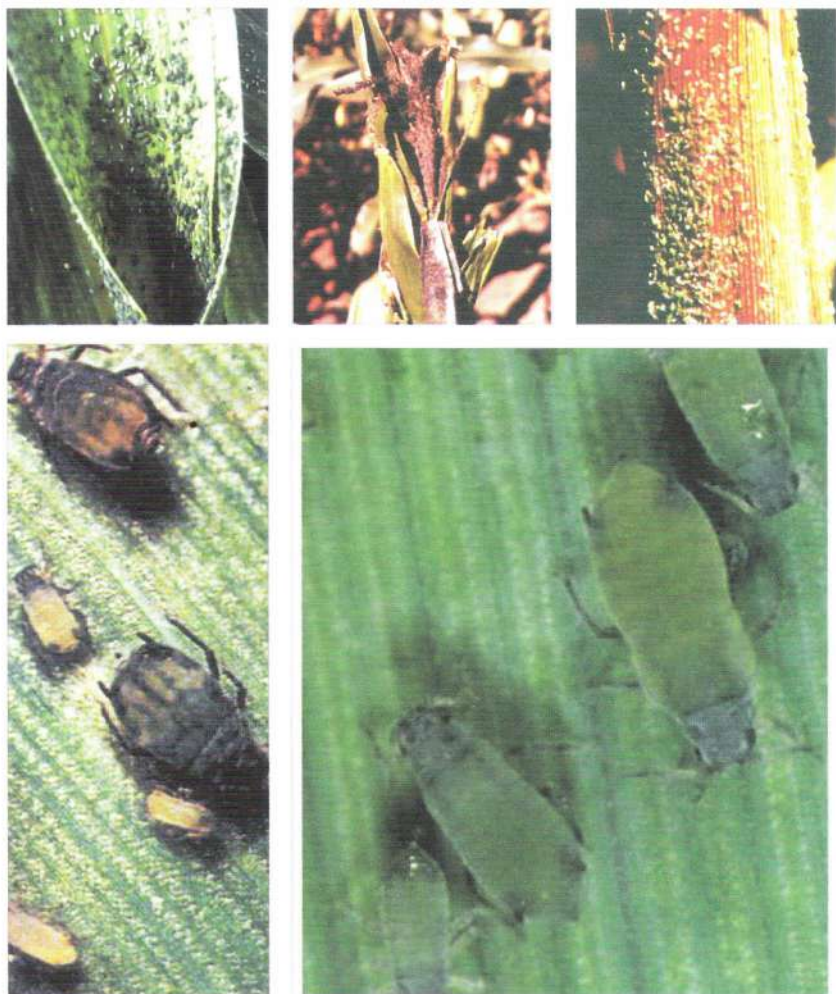


Figura 12.10. *Rhopalosiphum maidis*



Figura 12.11. *Dalbulus maidis*

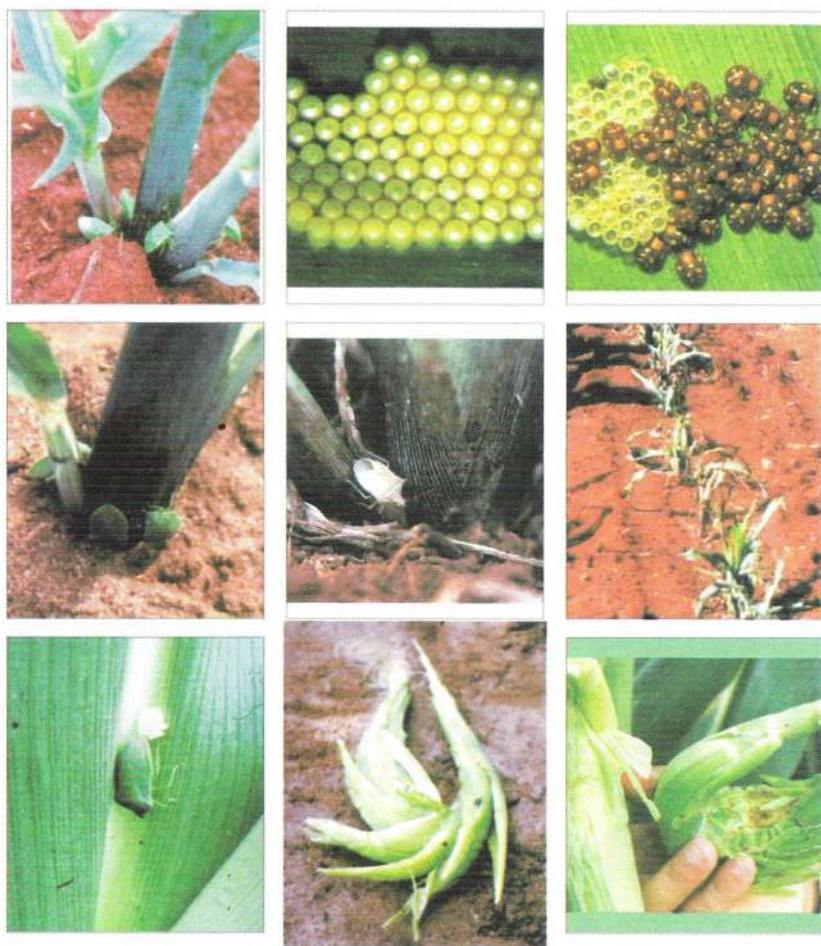


Figura 12.12. *Nezara viridula*



Figura 12.13. *Deois flavopicta*



Figura 12.14. *Trips*



Figura 12.15. *Helicoverpa zea*

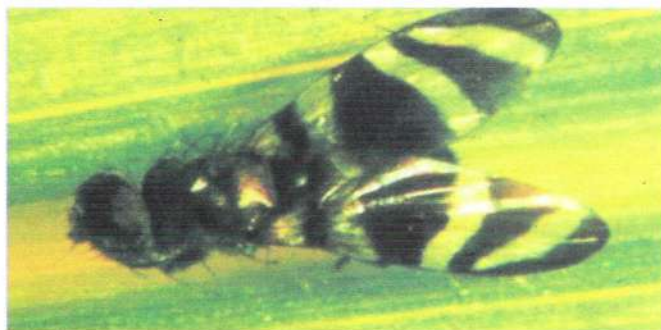


Figura 12.16. *Euxesta* spp.

12.5 Referências

ALBURQUEQUE, F. A.; BORGES, L. M.; PATTARO, F. C. Eficiência do inseticida imidacloprid no controle de tripes, *Frankliniella williamsi* (Hood, 1915), via tratamento de sementes em milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22., 1998, Recife. **Globalização e segurança alimentar** - resumos. Recife: IPA; Sete Lagoas: ABMS/Embrapa Milho e Sorgo, 1998. p. 226.

ALVARADO, L. Amostragem de insetos de solo. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE INSETOS DE SOLO, 2., 1989, Londrina. **Ata ...** Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1989. p. 34-37.

BROWN, A. W. A.; PAL, R. **Insecticide resistance in arthropods**. 2. ed. Geneva: World Health Organization, 1971. 491p. (World Health Organization. Monograph Series, 38).

CAROZZI, N.; KOZIEL, M. **Advances in insect control: the role of transgenic plants**. London: Taylor & Francis, 1997. 301 p

CHIESA MOLINARI, O. **Investigaciones sobre el control de *Astylus atromaculatus* Blanchard (Dasytidae = Melyridae)**. Córdoba: INTA - Estación Experimental Agropecuaria Manfredi, 1964. 7 p. (E.E.A. Divulgación Técnica, 3)

CLOVER, D. F. Damage to corn by southern green stinkbug. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 51, n. 4, p. 471-473, 1958.

CONSTANTINO, R. The pest termites of South America: taxonomy, distribution and status. **Journal of Applied Entomology**, Hamburg, v. 126, p. 355-365, 2002.

CROFT, B. A. Developing a philosophy and program of pesticide resistance management. In: ROUSH, R. T.; TABASHNIK, B. E. (Ed.). **Pesticide resistance in arthropods**. New York: Chapman and Hall, 1990. p. 277-296.

CRUZ, I. **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS. 1995 b. 45 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 21).

CRUZ, I. Controle biológico em manejo de pragas. In: PARRA, J. R.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (Ed.). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. Cap. 32, p. 543-570.

CRUZ, I. Efeito do tratamento de sementes de milho com inseticidas sobre o rendimento de grãos. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, Jaboticabal**, v. 25, p. 181-189, 1996.

CRUZ, I. Metodologia e resultados de pesquisa com tratamento de sementes envolvendo pragas iniciais da cultura de milho. In: REUNIÃO SOBRE PRAGAS SUBTERRÂNEAS DOS PAÍSES DO CONE SUL, 2., 1992, Sete Lagoas. **Anais...** Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1992a. p. 145-146.

CRUZ, I. Tratamento de sementes com inseticidas visando o controle de pragas iniciais. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Tecnologia para produção de sementes de milho**. Sete Lagoas, 1993b. p. 55-61. (EMBRAPA-CNPMS, Circular Técnica, 19)

CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C.; OLIVEIRA, A. C.; VASCONCELOS, C. A. Damage of *Spodoptera frugiperda* (Smith) in different maize genotypes cultivated in soil under three levels of aluminum saturation. **International Journal of Pest Management**, London, v. 45, p. 293-296, 1999.

CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C.; VALICENTE, F. H.; OLIVEIRA, A. C. Application rate trials with a nuclear polyhedrosis virus to control *Spodoptera frugiperda* (Smith) on maize. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 145-152, 1997 b.

CRUZ, I.; GONÇALVES, E. P.; FIGUEIREDO, M. L. C. Effect of a nuclear polyhedrosis virus on *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae, its damage and yield of maize crop. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 2, p. 20-27, 2002.

CRUZ, I.; OLIVEIRA, L. J.; SANTOS, J. P. Efeito de diversos inseticidas no controle da lagarta-elasmô, *Elasmopalpus lignosellus*, em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 12, p. 1293-1301, 1983.

CRUZ, I.; OLIVEIRA, L. J.; VASCONCELOS, C. A. Efeito do nível de saturação de alumínio em solo ácido sobre os danos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) em milho. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 25, p. 293-297, 1996.

CRUZ, I.; SANTOS, J. P. Diferentes bicos do tipo leque no controle da lagarta-do-cartucho em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 19, n. 1, p. 1-7, 1984.

CRUZ, I.; TURPIN, F.T. Efeito da *Spodoptera frugiperda* em diferentes estádios de crescimento da cultura de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 17, n. 3, p. 355-359, 1982.

CRUZ, I.; VALICENTE, F. H.; SANTOS, J. P.; WAQUIL, J. M.; VIANA, P. A. **Manual de identificação de pragas da cultura de milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1997c. 67 p.

CRUZ, I.; VIANA, P. A.; WAQUIL, J. M. **Manejo das pragas iniciais de milho mediante o tratamento de sementes com inseticidas sistêmicos**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS., 1999b. 39 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 31).

DAGOBERTO, E.; PARISI, R.; NICOLÁS, I. **Contribución al conocimiento de los daños producidos en maíz por distintos niveles de poblaciones de "chinche verde" *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae)**. Manfredi: INTA, 1980. 7 p.

DE BORTOLI, S. A.; MANFRIM, M.C. Aspectos biológicos da broca de cana-de-açúcar. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 13, n. 1, p. 83-93, 1984.

DIEZ-RODRIGUEZ, G. I.; OMOTO, C. Herança da Resistência de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a Lambda-cialotrina. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 311-316, 2001.

FROESCHNER, R. C.; CHAPMAN, Q. L. A south american cydnid, *Scaptocoris castaneus* Perty, established in the United States (Hemiptera: Cydnidae). **Entomological News**, Philadelphia, v. 74, p. 95-98, 1963.

GEORGHIOU, G. P.; LAGUNES-TEJEDA, A. **The occurrence of resistance to pesticides in arthropods**. Rome: FAO, 1991. 318 p.

KREBOHM DE LA VEJA, G. A. *Astylus atromaculatus* Blanch insecto cuyas larvas y adultos son dañinos para el algodón. **Revista Ind. Agricultura**, Tucuman, v. 27, n. 10-12, p. 203-208, 1937.

MAIA, W. J. M. S. **Aspectos biológicos, danos de *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae) em milho e controle biológico com *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae)**. 2003. 160 f Tese (Doutorado em Entomologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MARQUES, G. B. C.; ÁVILA, C. J.; PARRA, J. R. P. Danos causados por larvas e adultos de *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae) em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 11, p. 1983-1986, 1999.

MATIOLI, J. C.; FIGUEIRA, A. R. Dinâmica populacional e efeitos de temperatura ambiental e precipitação pluviométrica sobre *Astylus variegatus* (Germar, 1824) e *A. sexmaculatus* (Perty, 1830) (Coleoptera: Dasytidae). **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz**, Piracicaba, v. 45, n. 1, p. 124-142, 1988.

MATIOLI, J. C.; ROSSI, M. M.; CARVALHO, C. F. Ocorrência e distribuição mensal de *Astylus variegatus* (Germar, 1824) e *A. sexmaculatus* (Perty, 1830) (Coleoptera: Dasytidae) em alguns municípios do Estado de Minas Gerais. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 19, n. 2, p. 373-382, 1990.

METCALF, R. L. Insecticides in pest management. In: METCALF, R. L.; LUCKMANN, W. H. (Ed.). **Introduction to insect pest management**. New York: J. Wiley, 1994. p. 245-314.

NAULT, L. R. Evolution of insect pest: maize and leafhopper, a case study. **Maydica**, Bergamo, v. 35, p. 165-175, 1990.

NEMIROVSKY, N. V. El " astilo moteado" *Astylus atromaculatus* Blanch. Coleoptero plaga del sorgo en la parte central de las provinciais de Córdoba y Santa Fe. **Idia**, Buenos Aires, v. 296, p. 54-60, 1972.

PUZZI, D.; ANDRADE, A. C. O "percevejo castanho"- *Scaptocoris castaneus* (Perty) - no Estado de São Paulo. **Biológico**, São Paulo, v. 23, p. 157-162, 1957.

RAGA, A., SOUZA FILHO, M. F.; RAMIRO, Z. A.; THOMAZINI, M. J. Controle químico do percevejo castanho, *Scaptocoris castanea* (Het.: Cydnidae) em cultura de milho. In: REUNIÃO SUL BRASILEIRA SOBRE PRAGAS DE SOLO, 6., 1997, Santa Maria. **Resumos...** Santa Maria: UFSM, 1997. p. 92-94.

RAGA, A.; SOUZA FILHO, M. F.; SILOTO, R. C.; RAMIRO, Z. A. Eficiência de inseticidas sobre o percevejo castanho, *Scaptocoris castanea* (Hem.: Cydnidae) em cultura de milho safrinha. In: Reunião Anual do Instituto Biológico, 11, 1998, São Paulo, Resumos. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 65, p. 36, 1998. Suplemento.

SALVADORI, J. R. **Manejo de corós em cereais de inverno**. Passo Fundo: CNPT, 1997. 8 p. (EMBRAPA-CNPT, Comunicado Técnico, 3).

SANTOS, H. R.; NAKANO, O. Dados biológicos sobre a lagarta-rosca *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1776) (Lepidoptera, Noctuidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 11, n. 1, p. 23-32, 1982.

SEAL, D. R.; JANSSON, R. K. Biology and management of corn-silk fly, *Euxesta stigmatias* Loew (Diptera: Otitidae), on sweet corn in southern Florida. **Proceedings of the Florida State Horticulture Society**, Tallahassee, v. 102, p. 370-373, 1989.

SILOTO, R. C.; SATO, M. E.; RAGA, A. Efeito de inseticidas sobre percevejo castanho em cultura de milho-safrinha. **Revista de Agricultura**. Piracicaba, v. 75, n.1, p. 21-27, 2000.

SILVA, M. T. B. Controle de larvas de *Diloboderus abderus* Sturn (Coleoptera: Melolonthidae) através do tratamento de sementes de milho com inseticidas em plantio direto. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 281-286, 1996.

SILVA, M. T. B.; 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.

THOMAS, C. A. **The biology and control of wireworm, review of literature**. Pennsylvania: State College, 1940. 90 p. (Bulletin, 392).

VIANA, P. A.; CRUZ, I.; WAQUIL, J. M. **A lagarta eliasmo atacando o milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 5 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 22).

VIANA, P. A.; MAROCHI, A. I. Controle químico da larva de *Diabrotica* spp. Na cultura do milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 2, p. 1-11, 2002.

WAQUIL, J. M.; CRUZ, I.; VIANA, P. A.; SANTOS, J. P.; VALICENTE, F. H.; MATRANGOLO, W. J. R. Levantamento de pragas subterrâneas e sua importância na redução da população de plantas. In: REUNIÃO SOBRE PRAGAS SUBTERRÂNEAS DOS PAÍSES DO CONE SUL, 2., 1992, Sete Lagoas. **Anais...** Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1992. p. 133-144.

WAQUIL, J. M.; VIANA, P. A.; LORDELO, A. I.; CRUZ, I.; OLIVEIRA, A. C. Controle da lagarta-do-cartucho em milho com inseticidas químicos e biológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 17, n. 2, p. 163-166, 1982.

Capítulo 13

Controle Biológico de Pragas de Milho

Ivan Cruz

13.1 Introdução

A agricultura brasileira, por muitos anos, à semelhança de muitos outros países, tem lançado mão dos inseticidas químicos como principal arma para o controle dos insetos considerados pragas. Tais produtos, ao longo dos anos, foram rotulados como eficazes, tendo com o principal vantagem a capacidade de eliminar diferentes espécies de insetos em diferentes cultivos. Além dessa aparente vantagem, o custo relativamente compensador foi outro fator que ajudou a impulsionar cada vez mais o uso de produtos químicos na agricultura. No entanto, com o passar do tempo e com o uso sem parcimônia e sem técnica, começaram a aparecer os primeiros problemas nas áreas onde usualmente se faziam aplicações. O controle que antes era total não mais era alcançado. Sabe-se, hoje, que a má aplicação de produtos químicos fatalmente levará ao desequilíbrio ecológico. A população da praga pode ressurgir com maior intensidade, principalmente pela eliminação ou redução drástica de agentes de controle biológico natural ou até mesmo pelo aparecimento de insetos resistentes ao produto aplicado. Em casos mais graves, é possível ter populações resistentes a um grupo todo de inseticidas ou mesmo populações resistentes a grupos diferentes de produtos. Esse fato foi revisado por Cruz (2002), principalmente em relação à lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*. Outro ponto importante a considerar é o efeito negativo dos produtos químicos sobre os agentes de controle biológico natural de outras espécies de insetos que antes se alimentavam da planta, porém sua população não atingia número suficiente para ocasionar danos econômicos. Tais insetos, sem a atuação eficiente de seus inimigos naturais, geralmente tem a população aumentada em pouco tempo, alcançando a categoria de praga. Além desses fatos, a má escolha e/ou o uso incorreto de inseticidas químicos podem causar efeitos nega-

tivos sobre insetos úteis como abelhas e/ou outros insetos polinizadores, colocando em riscos outras atividades agrícolas. Existe também a preocupação com os efeitos danosos dos inseticidas na contaminação do próprio milho, com resíduos acima do nível permitido pela lei, e a contaminação do ambiente como um todo, como o solo e a água.

Embora com reconhecida contribuição para o avanço do agronegócio mundial, o uso de inseticidas químicos, nos últimos anos, vem recebendo restrições, devido aos problemas apontados anteriormente. Em função dessas pressões, as empresas que detêm as patentes de tais produtos têm, ao longo do tempo, procurado desenvolver inseticidas de menor impacto ambiental, e que, ao mesmo tempo, possam ainda manter a sua eficiência e com custo competitivo. Empresas públicas e privadas também têm investido em medidas alternativas de controle. Uma delas diz respeito ao melhor aproveitamento dos próprios agentes de controle natural, seja através de outros insetos (predadores e parasitóides), ou seja, através de microrganismos. Especificamente no caso do uso de insetos para controlar insetos, pode-se pensar na possibilidade de controle eficiente exclusivamente pela ação desses agentes, ou pelo controle integrado, desses agentes com outras medidas, inclusive o uso adequado de alguns produtos químicos.

Segundo dados da Anvisa, existem atualmente 142 produtos comerciais registrados como inseticidas para uso na cultura do milho. Desses, 102 (72%) são registrados, no mínimo, para uso no controle da lagarta-do-cartucho. Em termos de classificação toxicológica (toxicidade humana), os produtos distribuem-se em: 27 na classe 1 (extremamente tóxicos), 28 na classe 2 (altamente tóxicos), 34 na classe 3 (medianamente tóxicos) e 13 na

classe 4 (pouco tóxicos). Portanto, torna-se muito difícil para o agricultor, sem o acompanhamento técnico devido, fazer uma escolha correta sobre o melhor produto a ser utilizado na sua propriedade. Fatores como eficiência contra a praga-alvo, custo do produto e, principalmente, efeito sobre organismos não-alvos (insetos benéficos) devem também ser considerados na escolha do produto mais adequado.

13.2 Riscos advindos do mau uso de agroquímicos

Pesticidas, praguicidas, produtos químicos e agrotóxicos são palavras que descrevem as substâncias químicas produzidas para matar, controlar, ou repelir insetos, doenças de plantas, ervas daninhas, roedores etc. A maioria dos praguicidas é usada na produção agrícola, suprimindo as pragas em centenas de cultivos diferentes, incluindo fruteiras, legumes e grãos de cereais. Esses agentes químicos são parte tradicional do sistema de produção e são considerados uma das razões para o aumento da produtividade agrícola em várias regiões do mundo, sendo estimado um aumento de 82%, nos últimos trinta anos (MOSES, 1989).

Nas últimas três décadas, o uso de praguicidas na agricultura, nos meios urbanos e nas indústrias aumentou em mais de 50% (DACQUEL & DAHMANN, 1993). Por exemplo, nos EUA, o uso total de praguicidas, incluindo preservativos de madeira e desinfetantes, foi de aproximadamente 2,2 bilhões de libras de ingredientes ativos em um ano típico (1994), ou oito libras para cada homem, mulher, e criança no país (PIMENTEL et al., 1992). Aproximadamente 875 praguicidas são ingredientes ativos formulados em 21.000 produtos diferentes (MOTT, 1997). Tais produtos também contêm ingredientes inertes - que não são identificados através do rótulo dos produtos, devido a segredo de comércio - e isso pode ser perigoso.

Por causa da toxicidade inerente e da ampla disseminação, os praguicidas são, de fato, uma ameaça séria à saúde pública, particularmente para as crianças e adolescentes. No caso específico das crianças, o problema é magnificado, pois podem entrar habitualmente em contato com os praguicidas, pelo simples hábito de brincar próximo a áreas tratadas ou onde se manejam os produtos químicos. A Academia Nacional de Ciências americana, em 1993, salientou, em relatório, a vulnerabilidade das crianças aos praguicidas, devido ao fato de que os padrões de tolerância para resíduos em alimentos determinados pelo governo não protegem adequadamente as crianças. Além da exposição involuntária das crianças aos praguicidas, a imaturidade fisiológica também as faz particularmente suscetível aos efeitos tóxicos dos produtos químicos.

O jovem também é vulnerável a uma gama de efeitos sobre a saúde relacionada à exposição aos pesticidas. Relatórios e estudos epidemiológicos indicam uma associação entre a exposição aos praguicidas e o desenvolvimento de certos cânceres. Experimentos com animais, envolvendo a maioria das principais classes de praguicidas, têm demonstrado o seu efeito adverso sobre o sistema nervoso, prejudicando o desenvolvimento mental e motor. Exposição dos pais aos praguicidas, particularmente em áreas agrícolas, tem sido associada ao desenvolvimento de certos cânceres e mesmo deformidade, em seus descendentes. Alguns estudos sugerem que exposição ao praguicida possa comprometer o sistema imunológico de crianças e adolescentes, exacerbando o risco de eles contraírem infecção e doença.

Estudos epidemiológicos de laboratório contribuem para a formação de um banco crescente de evidências que associam a exposição aos pesticidas em geral (inseticida, fungicida e herbicida)

aos efeitos adversos sobre a saúde humana, incluindo câncer, defeitos de nascimento, danos reprodutivos, toxicidade neurológica e desenvolvimental, imunotoxicidade e desregulação do sistema endócrino. Baseado em experiências com animais de laboratório, a agência de proteção ambiental norte-americana (ESTADOS UNIDOS, 1997) identificou pelo menos 96 ingredientes ativos registrados para uso que são potencialmente carcinogênicos para seres humanos. Estudos sobre populações humanas, particularmente agricultores, também demonstram o potencial carcinogênico de certos pesticidas. Uma revisão de 1992, feita pelo Instituto Nacional de Câncer, nos Estados Unidos, incluindo duas dúzias de estudos epidemiológicos, mostrou que os pesticidas eram uma das cinco causas prováveis a explicar por que os agricultores apresentavam elevados riscos de contrair várias formas de câncer (BLAIR et al., 1992). Há evidências de que o desdobramento do inseticida organoclorado DDT, que atualmente tem seu uso proibido, ainda persiste no ambiente e pode ser associado com câncer de mama (WOLFF et al., 1993). Segundo dados de Estados Unidos (1990), todos os anos tem-se estimado em 300.000 o número de trabalhadores rurais envenenados por pesticidas. Entre quatro e nove por cento dos trabalhadores (agrícolas ou não) que foram envenenados por pesticidas passaram por sintomas de efeitos retardados neurológicos e psiquiátricos persistentes, incluindo agitação, insônia, fraqueza, nervosismo, irritação, esquecimento, confusão e depressão. Estudos adicionais em trabalhadores rurais indicam que o envenenamento por pesticidas pode conduzir a um fraco desempenho em testes que envolvem o funcionamento intelectual, a habilidade motora e a memória (STEENLAND et al.; 1994). Outros estudos em animais de laboratório indicam uma variedade de efeitos imunotóxicos oriundos da exposição a certos pesticidas, particularmente aos inseticidas organoclorados e organofosforados (REPETTO & BALIGA, 1994).

Preocupação pública sobre a exposição de crianças aos praguicidas existe. No entanto, programas públicos não têm sido suficientes para reduzir significativamente a exposição, mesmo involuntária, aos praguicidas; tampouco tem servido para mostrar às pessoas os métodos de controle de pragas. Em 1972, o congresso dos Estados Unidos criou o órgão chamado FIFRA (Federal Insecticide, Fungicide and Rodenticide Act), que trata dos assuntos relacionados aos praguicidas, requerendo testes de segurança e de proteção à saúde, de todos os praguicidas. Embora com muitos dados que mostram os perigos dos praguicidas, a ação do governo americano em proteger o público de maneira adequada, particularmente as crianças, foi insuficiente. Os fabricantes de praguicidas continuam comercializando os seus produtos de maneira agressiva, apesar de todas as evidências de danos à saúde das pessoas e ao meio ambiente.

Portanto, há necessidade de um esforço conjunto entre governo, produtores rurais, consumidores, pais e demais segmentos do agronegócio, visando reduzir a dependência global da sociedade aos produtos químicos perigosos. Felizmente, existem cidadãos preocupados, em várias partes do mundo, orientando os segmentos envolvidos a utilizar os métodos menos agressivos de controle de pragas. Líderes de comunidade estão demonstrando como reduzir a necessidade por praguicida e proteger a saúde e o bem-estar das suas comunidades.

13.3 Tipos de controle biológico

É importante distinguir primeiro entre controle biológico (biocontrole) natural e aplicado. O controle biológico natural é a redução da população de uma espécie por inimigos naturais, sem a manipulação desses pelo homem. Em contraste, o controle bio-

lógico aplicado é a redução da população de uma espécie por inimigos naturais quando o homem manipula tais populações de inimigos naturais com a finalidade de controle da população.

Embora nós estejamos tipicamente preocupados com o controle biológico aplicado no manejo de pragas, duas características importantes do biocontrole natural devem ser bem entendidas.

Em primeiro lugar, o biocontrole natural é um fenômeno extremamente comum, ambos em ecossistemas naturais e agrícolas. Há mais de 300 mil espécies de plantas e um milhão de espécies de insetos. Poucas espécies dominam os seus habitats ou são pragas. Dessa maneira, fica claro que a maioria das populações da maioria das espécies é reduzida na maioria do tempo. Uma diversidade de fatores biológicos e ambientais é responsável por essa supressão. O biocontrole natural é, certamente, um desses fatores, porque, virtualmente, todo organismo tem um ou mais inimigos naturais. Em segundo lugar, o rompimento do biocontrole natural é uma das maneiras mais comuns para aumentar a severidade da praga. Aplicações de inseticidas de amplo espectro suprimem as populações da praga, mas também suprimem as populações dos inimigos naturais. Em alguns casos, isto pode levar até a uma maior população da praga, pelo rápido crescimento na ausência de seus inimigos naturais (fenômeno chamado ressurgimento da praga). Em outros casos, o inseticida de largo espectro, por suprimir os inimigos naturais de uma outra espécie que normalmente não era considerada praga (praga secundária), pode aumentar tanto sua população até chegar ao ponto de causar severos danos à planta hospedeira, situação conhecida como explosão populacional de uma praga secundária. Muitos outros fatores podem romper o biocontrole natural, inclusive a introdução delibe-

rada ou acidental de uma espécie em uma nova área (onde a sua população pode crescer rapidamente na ausência de seus inimigos naturais) ou até mesmo diferentes aspectos do sistema de produção anual ou perene (por exemplo, grandes áreas de monoculturas freqüentemente não provêem fontes complementares de alimento e/ou condição adequada para a sobrevivência dos inimigos naturais).

13.4. Formas de controle biológico aplicado

Três formas do biocontrole aplicado geralmente são reconhecidas, baseadas em como os inimigos naturais são manipulados. Em biocontrole clássico, são importadas e liberadas na região onde a praga ocorre espécies exóticas de inimigos naturais. Se uma espécie de inimigo natural introduzido sobrevive e adapta-se a seu novo hábitat, espera-se um aumento em número, uma ampla dispersão na região ao longo de vários anos, e por fim, ocorre a supressão da população da praga-alvo. Freqüentemente, nenhuma liberação do inimigo natural além daquela utilizada para o estabelecimento inicial é requerida. O biocontrole clássico é praticado freqüentemente contra espécies de pragas exóticas, porque essas normalmente invadem novos hábitats sem os seus inimigos naturais que as suprimem no hábitat original. Porém, o biocontrole clássico também é praticado contra pragas nativas, quando é considerado que uma espécie de inimigo natural exótico também pode suprimir a praga melhor do que inimigos naturais nativos. O biocontrole clássico pode resultar em um controle completo, contínuo, e em larga escala.

O biocontrole com foco no aumento populacional de determinada espécie de inimigo natural é alcançado através de liberações periódicas no hábitat onde a praga ocorre. Difere de

biocontrole clássico pelo fato de que são feitas liberações contínuas e os inimigos naturais podem ser espécies nativas ou exóticas. Liberações periódicas de inimigos naturais podem ser necessárias quando os inimigos naturais existentes não colonizam anualmente o hábitat de praga, ou o colonizam muito tarde ou, mesmo colonizando na época correta, não atingem número suficiente para controlar a praga. Os tipos de liberações aumentativas variam de liberações inoculativas sazonais, nas quais os inimigos naturais liberados servem para colonizar um novo cultivo e o controle é atingido posteriormente, pela descendência dos insetos liberados, até liberações inundativas, em que o controle é propiciado pelos próprios inimigos naturais liberados. Normalmente, os inimigos naturais usados em programas de liberação aumentativa são adquiridos de companhias comerciais (biofábricas). Os inimigos naturais são criados no laboratório ou são originados de coletas de campo e, então, repassados ao consumidor final.

As estratégias de uso do biocontrole através do modo clássico ("importação") ou da técnica do "aumento populacional" local implicam a manipulação dos inimigos naturais diretamente por liberações. Já a terceira forma de uso do biocontrole aplicado é através da conservação de inimigos naturais e, em contraste, trabalha com as populações existentes dos inimigos naturais de maneira indireta, tornando o ambiente mais favorável. Isso pode envolver a remoção de fatores que negativamente influenciam os inimigos naturais ou a adição de fatores que os influenciam positivamente. Frequentemente, práticas de biocontrole visando à conservação buscam minimizar as ações de ruptura do biocontrole natural. Porém, o biocontrole pelo método de conservação também é parte importante de qualquer método, seja o clássico ou método do aumento populacional.

Os produtos químicos estão entre os fatores mais comuns que afetam negativamente os inimigos naturais. Podem ser usadas várias estratégias para minimizar os seus efeitos sobre os inimigos naturais sem afetar os efeitos desejados sobre a praga-alvo. Uma delas é através do uso de inseticidas fisiologicamente seletivos (ou de baixo espectro de ação) ou uso de formulações mais apropriadas. Tais pesticidas ou formulações apropriadas matam ou debilitam a praga-alvo, em contato físico, mas têm nenhum ou mínimo efeito sobre os inimigos naturais e outros organismos não-alvos. Uma segunda estratégia é fazer aplicações ecologicamente seletivas, pela minimização do contato físico entre o pesticida e os inimigos naturais, mas, ainda, mantendo o contato adequado entre o produto e a praga. Técnicas específicas para tornar as aplicações mais ecologicamente seletivas incluem a redução da dose aplicada por área, a redução da área tratada (por exemplo, tratando fileiras alternadas ou faixas alternadas em aplicações aéreas), utilização de pesticidas com residuais mais curtos, alterando a frequência da aplicação, e só usar o produto quando necessário. Frequentemente, esses métodos mais seletivos podem prover controle eficaz da praga-alvo, reduzir o custo do tratamento e minimizar os problemas com pragas secundárias.

Os sistemas modernos de cultivo frequentemente não disponibilizam os recursos necessários para a sobrevivência e eficiência dos inimigos naturais. Esses recursos incluem alimento como néctar, pólen e "honeydew", presas ou hospedeiros alternativos, locais apropriados para a fase de diapausa e outros tipos de refúgios. Práticas de manejo que possam ajudar na conservação dos inimigos naturais, através do fornecimento desses recursos, incluem as plantas de cobertura, cultivo diversificado, colheita em faixa, manejo adequado dos restos de colheita, manutenção

de comunidades de planta nas bordaduras e o fornecimento direto de alguns recursos (por exemplo, suplemento alimentar).

Deve ser lembrado que a maioria das pragas possui seus inimigos naturais. Assim, existem oportunidades para praticar o biocontrole através da conservação, especialmente pelo uso de inseticidas seletivos. De fato, uma das recomendações mais importantes do manejo de pragas é de só aplicar o inseticida quando necessário, visando à conservação dos inimigos naturais.

13.5 Agentes de controle biológico

Em praticamente toda a cadeia alimentar em equilíbrio, existem associações importantes envolvendo os níveis tróficos: planta hospedeira, espécies de insetos-praga e as espécies de agentes de controle biológico natural das diferentes espécies de pragas. O que o ser humano tem feito ao longo dos anos é propiciar uma ruptura na cadeia produtiva, muitas vezes de maneira involuntária, tentando favorecer seus interesses, que é maximizar os rendimentos e diminuir seus custos. Com esse pensamento, tem lançado mão do uso dos pesticidas (também conhecidos como agrotóxicos), muitas das vezes sem nenhuma preocupação com o equilíbrio bioecológico. Dessa maneira, considerando a maior fragilidade (ou menor adaptabilidade) dos agentes de controle biológico, esses geralmente são drasticamente afetados pela aplicação não seletiva dos agrotóxicos. Tão logo passa o efeito residual dos inseticidas, a praga geralmente retorna à planta hospedeira e, sem seus inimigos naturais, atinge populações que acabam infringindo perdas em produtividade. Dependendo da época em que essa nova infestação ocorre, como, por exemplo, em estágio de crescimento do milho que não permita a pulverização por métodos convencionais, o problema é magnificado. Portanto, em quaisquer

circunstâncias, a manutenção dos agentes de controle biológico na área de cultivo, seja por meio de liberações artificiais ou de práticas de cultivo que favoreçam a sobrevivência deles, é de suma importância para se ter a sustentabilidade do sistema.

Várias espécies de insetos são reconhecidas como agentes de controle biológico de pragas. Algumas são reconhecidas por terem os insetos-pragas como alimento tanto na sua fase jovem quanto na adulta. Por exemplo, dentro do sistema de produção de milho, há os insetos denominados "predadores", como algumas espécies de besouros, incluindo as "joaninhas" e o "calosoma", e espécies de percevejos, como o *Orius* e *Podisus*, entre outros. Também dentro desse grupo, merece destaque a "tesourinha", inseto da ordem Dermaptera. Outro grupo importante de predadores inclui espécies em que apenas uma fase da vida possui hábitos de se alimentar de insetos. Por exemplo, os insetos da ordem Neuroptera, conhecidos popularmente como crisopídeos e bicho lixeiro, são predadores eficientes de pulgões, de tripes e de lagartas pequenas, porém, somente através de suas larvas.

Além dos predadores, existe um grupo muito importante de agentes de controle biológico denominado "parasitóides". São insetos em que uma ou mais fases de sua vida obrigatoriamente se passam em íntima associação com seu hospedeiro. Geralmente, são mais especializados do que os predadores.

Existem as espécies de parasitóides que parasitam os ovos das espécies de pragas, especialmente as espécies de Lepidoptera (lagartas), como é o caso dos parasitóides da espécie *Trichogramma* ou *Telenomus*. Colocam seus ovos dentro do ovo da praga e só saem quando atingem a fase adulta. Portanto, nenhum dano da praga acontece quando o parasitismo é total por essas espécies.

Existe também o parasitóide *Chelonus*, que, à semelhança dos dois gêneros citados, também coloca seus ovos no interior do ovo da praga. No entanto, permite o seu desenvolvimento embrionário. A lagarta da praga eclode do ovo, carregando no seu corpo a larva do parasitóide. Inicia a alimentação na folha do milho, porém, os danos provocados não atingem um nível que demandaria qualquer outra ação para seu controle. Alguns dias após, a lagarta parasitada é morta pela larva do agente de controle biológico. Existem, também, várias espécies de parasitóide que atuam exclusivamente sobre a fase de lagarta. São exemplos as vespas do gênero *Campoletis*, *Eiphosoma*, *Ophion* e *Exasticolus*. A fêmea coloca seus ovos no interior do corpo da lagarta hospedeira e desenvolve-se até o período de larva, quando deixa o corpo do hospedeiro, matando-o. As lagartas parasitadas também não chegam a causar danos significantes à planta hospedeira. Existem outros parasitóides que, embora entrem na fase larval da praga, só provocam a mortalidade do inseto hospedeiro quando este está na fase de pupa, como é o caso de alguns parasitóides de espécies de moscas. Portanto, são vários os insetos considerados agentes de controle natural das pragas tanto na cultura do milho quanto de vários outros cultivos.

Os parasitóides, ao contrário dos predadores, que são de vida livre e, geralmente maiores, não são de fácil percepção pelos agricultores. No entanto, todos são igualmente importantes na supressão das pragas.

A seguir, serão fornecidas algumas informações mais detalhadas sobre o reconhecimento e a importância dos agentes de controle biológico em associação com a cadeia produtiva de milho. No final, são mostradas figuras que auxiliam no reconhecimento desses agentes de controle biológico.

13.5.1. Parasitóides

13.5.1.1. Parasitóides de ovos

Os parasitóides exclusivos de ovos, ou seja, que atuam somente nessa fase da praga, são considerados os mais importantes entre todos os demais agentes de controle biológico. Algumas características dão suporte a essa afirmação. Primeiramente, por evitarem que a praga venha a provocar qualquer tipo de dano à planta hospedeira. Ademais, tais parasitóides têm sido facilmente criados em larga escala, sendo, por isso, disponíveis comercialmente (biofábricas) em vários países, incluindo o Brasil.

Trichogramma spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae)

Várias são as espécies de *Trichogramma* já descritas em associação com diferentes pragas. Especificamente na cultura do milho, as espécies *T. pretiosum* (controle de ovos de espécies de Lepidóptera, como *Spodoptera frugiperda* - lagarta-do-cartucho, *Helicoverpa zea* - lagarta-da-espiga e *Diatraea saccharalis* - broca da cana-de-açúcar), *T. atopovirilia* (controle de *S. frugiperda*) e *T. galoii* (controle de *Diatraea saccharalis*) têm sido as mais comuns. As espécies de *Trichogramma* são insetos muito pequenos, com dimensões inferiores a um milímetro. A fêmea faz a sua oviposição dentro do ovo de seu hospedeiro. Dentro de algumas horas, nasce a sua larva, que se alimenta do conteúdo do ovo do hospedeiro. Todo o ciclo do parasitóide se passa no interior do ovo da praga. Desse, sai a vespa adulta, que, de imediato, iniciará o processo de busca de uma nova postura, para continuar a propagação da espécie. Essa capacidade de busca inerente às espécies de *Trichogramma* é uma característica importante nos inimigos naturais. Ainda mais considerando a especificidade para ovos.

O período de incubação dos ovos das pragas da ordem Lepidoptera geralmente dura de três a cinco dias (quanto menor a temperatura, maior o período). Portanto, é fundamental que haja o sincronismo entre a presença da fêmea do parasitóide *Trichogramma* spp e os ovos da praga, especialmente quando se utiliza o parasitóide com a finalidade de reduzir a população da praga a níveis que não causariam danos econômicos. Esse sincronismo tem sido alcançado pelo uso de tecnologias que permitam detectar a chegada das mariposas na área de interesse. Atualmente, já está disponível, no mercado brasileiro, kit para detecção de mariposas de algumas espécies, incluindo feromônio sexual sintético e armadilha contendo material colante.

Uma vez parasitado, o ovo da praga, que é, em situação de normalidade, de coloração clara, começa a escurecer, adquirindo uma tonalidade preta (cerca de quatro dias após o parasitismo). O ciclo total do parasitóide (período de tempo entre a colocação do ovo pela fêmea dentro do ovo da praga até o surgimento do novo indivíduo adulto) dura cerca de dez dias. Portanto, visualmente pode se determinar o grau de parasitismo pela coloração do ovo parasitado.

Além do sincronismo entre parasitóide e hospedeiro (ovos), pelo diminuto tamanho do parasitóide, ele sofre interferência das condições climáticas, tais como vento e chuva. São condições que podem prejudicar a taxa de parasitismo, por dificultarem a busca do parasitóide pelo ovo da praga. Outro ponto importante a considerar no caso específico da liberação do parasitóide é a quantidade liberada e os pontos de liberação. Os dados da pesquisa têm recomendado a liberação de cem mil fêmeas por hectare, liberados em cerca de 40 pontos por hectare, considerando a capacidade de dispersão da espécie no campo. Deve-se considerar que,

quanto maior o número de pontos a liberar, maior a eficiência do parasitóide.

O produto comercial à base de *Trichogramma* é obtido em laboratório, utilizando como hospedeiro para o desenvolvimento do parasitóide não os ovos da praga, mas, sim, um hospedeiro alternativo de maior facilidade de criação e de custo mais baixo. Geralmente, são utilizados ovos de insetos que infestam grãos armazenados e/ou farinhas, como a traça-das-farinhas, *Anagasta kuehniella*, ou a traça-do-milho, *Sitotroga cerealella*. Os procedimentos para o estabelecimento de uma biofábrica para produção de *Trichogramma* foram descritos por Cruz et al. (1999a). Os ovos do hospedeiro são colados numa cartolina medindo cerca de 10 cm de largura por 15 cm de altura. Essas cartelas são então, submetidas às fêmeas do parasitóide. Os ovos parasitados tornam-se enegrecidos cerca de quatro dias após o parasitismo. Esse parâmetro é um dos indicativos da qualidade do produto. A expectativa de emergência dos adultos do parasitóide é aos dez dias após o início do parasitismo. A vespa adulta vive, em média, ao redor de três a cinco dias. Portanto, ao adquirir o produto biológico, está se adquirindo o parasitóide não na fase adulta, mas, sim, numa fase prévia, que pode ser de larva ou, mais comumente, na fase denominada pupa, dentro do ovo do hospedeiro alternativo. No rótulo do produto, espera-se encontrar a data esperada para a emergência do adulto. Portanto, a liberação do *Trichogramma* pode ser realizada em duas modalidades. Uma delas, a mais eficiente, é através da liberação dos insetos adultos. Nesse caso, a melhor maneira é colocar as cartelas parasitadas no interior de recipientes transparentes, de vidro ou de plástico, com boca larga e vedado com a própria tampa, ou com pano ou filme de PVC. Algumas horas após o início da emergência dos parasitóides adultos, eles devem ser liberados, caminhando em formato de "zig-

zag" abrindo e fechando a "boca" do recipiente para permitir uma melhor distribuição na área. Se possível, e caso haja ainda ovos parasitados que produzirão adultos nas próximas horas, pode-se repetir a liberação no dia seguinte. Uma alternativa de liberação do parasitóide é por meio da colocação de pedaços das cartelas contendo os ovos parasitados sobre a planta de milho. Alguns fabricantes utilizam a cartela quadriculada, propiciando o corte em áreas que normalmente são de 2,5 x 2,5 cm². Nesse caso, a distribuição é feita colocando-se as porções recortadas das cartelas sobre as plantas, em, no mínimo, 40 pontos por hectare.

Telenomus remus (Hymenoptera: Scelionidae)

O parasitóide de ovos *T. remus*, também da mesma ordem do *Trichogramma*, pertence a outra família, a Scelionidae. Os adultos são maiores que os das espécies de *Trichogramma*, porém ainda diminutos. Sua coloração é negra, ao contrário do *Trichogramma*, que apresenta coloração amarelada, com destaque nos olhos, que são avermelhados.

O parasitóide *T. remus* tem como característica principal a sua alta especificidade para o gênero *Spodoptera*, cuja espécie *S. frugiperda* é, sem dúvida alguma, a principal praga do milho, nas Américas. Além disso, comparado ao *Trichogramma*, o *Telenomus* apresenta vantagens adicionais, tais como maior fecundidade, maior capacidade de busca do ovo do hospedeiro e maior competitividade. Segundo Cave (2000), a espécie estava sendo criada e liberada em sete países da América Latina. O adulto mede entre 0,5 e 0,6mm de comprimento e apresenta o corpo preto e brilhante. Somente ovos com idade inferior a 72 horas de desenvolvimento embrionário são parasitados. Um ovo com o embrião completamente desenvolvido é raramente suscetível ao parasitismo.

A duração do período de incubação varia de dez horas, a 30°C, a 18-24 horas, a 15,5°C. A larva de *T. remus* tem dois instares, sendo que o primeiro instar é sem segmentação. Possui um par de mandíbulas que se movem verticalmente e dois espinhos caudais, sendo um curto e outro longo e curvado. As mandíbulas e os espinhos podem ser usados para macerar ou mover os tecidos do hospedeiro ou mesmo para matar larvas de outro parasitóide, dentro do hospedeiro. Uma série de setas circundando o abdômen possivelmente serve para ajudar na fixação da larva. A larva de segundo instar é nitidamente segmentada e não possui espinhos caudais. Suas mandíbulas são curtas e retas. Esse instar assimila os nutrientes do hospedeiro até que esse seja completamente consumido.

A duração do período larval pode variar de quatro (a 30°C) até sete dias (a 15,5°C). A pupação ocorre dentro do ovo do hospedeiro. Inicialmente, a pupa é de coloração branco-opaca, com olhos ligeiramente avermelhados. Gradualmente, o corpo passa por coloração cinza, até atingir a cor preta.

A duração do estágio pupal varia de 112 horas (a 30°C) até 15 dias (a 15,5°C). Portanto, o ciclo de vida é muito influenciado pela temperatura. Após o completo desenvolvimento da fase imatura de *T. remus*, o adulto perfura um pequeno orifício no córion do ovo do hospedeiro, por onde emerge. Em geral, os machos emergem 24 horas antes das fêmeas. Após a emergência, os machos permanecem sobre a massa de ovos na qual emergiram ou procuram outras massas parasitadas. As fêmeas parasitam mais de 250 ovos de *S. frugiperda* durante seu período de vida.

A utilização de *T. remus* no controle de *S. frugiperda* segue a mesma dinâmica de *Trichogramma*, porém com uma quantidade de 60 mil insetos por hectare.

13.5.1.2 Parasitóide de ovo-larva

Chelonus insularis (Hymenoptera: Braconidae)

Essa espécie de parasitóide, embora com preferência por *S. frugiperda*, tem sido mencionada também como parasitóide de *S. exigua*, *H. zea* e *Elasmopalpus lignosellus*, todos insetos-pragas do milho. Essa gama de hospedeiros, inclusive, aumenta as chances de sobrevivência do parasitóide no campo, durante o ciclo da cultura. É um inseto muito comum em várias regiões do Brasil. É uma vespa medindo cerca de 20 mm de envergadura. A fêmea coloca os seus ovos no interior dos ovos de *S. frugiperda*. Os ovos já depositados são de tamanho reduzido, com as extremidades arredondadas; o período médio de incubação é cerca de 1,8 dias. Ao contrário das espécies de *Trichogramma* e de *Telenomus*, o ovo de *S. frugiperda*, quando parasitado, passa aparentemente pelo processo de incubação, dando origem à lagarta da praga, obviamente carregando no seu interior a espécie do parasitóide. A lagarta parasitada gradativamente diminui a ingestão do alimento, que já é pequena nos primeiros instares, mesmo de um inseto sadio, até ser morta pela larva do parasitóide. O período larval do parasitóide varia de 17 a 23 dias, apresentando média geral de 20,4 dias, ou seja, período próximo àquele de uma lagarta sadia. No entanto, a relação de consumo foliar entre lagarta sadia e lagarta parasitada é de 15:1. A menor alimentação da lagarta parasitada significa, na prática, menor dano à planta. Próximo ao desenvolvimento completo da larva do parasitóide, a lagarta de *S. frugiperda* abandona a planta e dirige-se para o solo, onde tece uma câmara, como se preparando para transformar-se em pupa. No entanto, essa câmara, na realidade, é utilizada pelo parasitóide. Para sair do corpo da lagarta hospedeira, a larva do parasitóide perfura o seu abdômen. Imediatamente, tece um casulo e, em poucas horas, transforma-se na fase de pupa e, daí, em adulto.

13.5.1.3 Parasitóide de larvas

Campoletis flavicincta (Hymenoptera: Ichneumonidae)

Esse parasitóide é uma vespa com cerca de 15 mm de envergadura, cuja fêmea coloca seus ovos no interior de lagartas de primeiro e segundo instares de *S. frugiperda* e a larva completa todo o seu ciclo alimentando-se do conteúdo interno do hospedeiro.

A lagarta parasitada muda seu comportamento e, ao se aproximar a época de saída da larva do parasitóide, deixa o cartucho, indo em direção às folhas mais altas, permanecendo nesse local até a morte. Mais próximo da fase de pupa, a larva do parasitóide sai do corpo da lagarta através do abdômen desta, matando-a, para construir seu casulo no ambiente externo. Como característica da espécie, o que restou da lagarta de *S. frugiperda* fica agregado ao casulo do parasitóide, tornando facilmente identificável a ocorrência desse inimigo natural.

O ciclo total do parasitóide é, em média, de 22,9 dias, sendo de 14,5 dias o período de ovo a pupa e de 7,3 dias o período pupal. A lagarta parasitada vive cerca de uma semana menos do que a lagarta sadia. A relação de consumo entre uma lagarta sadia e uma parasitada é 14,4:1, ou seja, enquanto uma lagarta sadia, durante todo o seu período de vida, consome, em média, 209,3 cm² de área foliar, a lagarta parasitada consome apenas 14,5 cm², ou seja, 6,9% do consumo normal. Portanto, por parasitar especificamente lagartas pequenas e em grande quantidade, além de ser eficiente por provocar a morte do inseto hospedeiro, o parasitóide reduz drasticamente o consumo foliar das lagartas, evidentemente reduzindo os danos no campo.

13.5.1.4 Parasitóide de pulgões

Aphidius colemani (Hymenoptera: Braconidae)

Essa espécie parasita muitas espécies de pulgões. Os adultos medem entre dois e três milímetros de comprimento. São de coloração negra, mas com pernas marrons. A fêmea coloca um ovo dentro do pulgão em poucos segundos de contato. A fêmea, ao parasitar, dobra seu abdômen sob as suas pernas e injeta o ovo dentro do pulgão. Na presença do parasitóide é comum a emissão de alerta na colônia de pulgões (feromônio de alarme), como maneira de escapar do inimigo natural. O parasitóide pode parasitar tanto pulgões adultos como ninfas. O pulgão parasitado continua a se mover e a se alimentar por três dias, após o parasitismo. Durante o período em que o parasitóide está na fase de ovo (primeiros três dias após o parasitismo), é possível que os pulgões se alimentem mais do que o normal (e com maior secreção de "honey dew"). O pulgão adulto parasitado continua produzindo. No entanto, a larva do parasitóide continua a se alimentar do pulgão, porém em partes não vitais. Sete dias, em média, após o parasitismo (21°C), o parasitóide fixa o pulgão na folha e forma um casulo de seda, o qual induz o pulgão a "inchar". O lado externo do pulgão torna-se de coloração marrom-amarelada. O tempo necessário para completar o ciclo depende da temperatura. É, em média, de 12 dias, a 25°C. Esse período é maior do que o período de desenvolvimento do pulgão hospedeiro, mas cada fêmea do parasitóide pode parasitar mais de 100 pulgões durante seu ciclo de vida, que pode ser de duas a três semanas, quando há disponibilidade de água e alimento.

Essa espécie de parasitóide pode ser utilizada em todos os cultivos onde se encontram pulgões suscetíveis. Embora muito

usados em cultivos praticados dentro de casa de vegetação, o parasitóide pode ser usado em cultivos de campo, principalmente para a colonização. A eficiência do parasitóide é maior quando ele é utilizado preventivamente ou quando os pulgões são detectados no início do ataque. O parasitóide tem como característica sua boa capacidade de dispersão e detecção de baixas populações de pulgões. Resultados satisfatórios têm sido alcançados quando se libera uma densidade entre 0,5 e um adulto do parasitóide por m² por semana, por pelo menos três semanas após a detecção do pulgão.

13.5.2 Predadores

Vários insetos desenvolvem-se como predadores de insetos ou de outros artrópodes. As fases imaturas desses insetos predadores são caçadoras de vida livre, que buscam e consomem muitas presas no curso de seu desenvolvimento. Os adultos podem ter hábitos semelhantes à da fase jovem ou podem alimentar-se de néctar, pólen, "honeydew" ou materiais semelhantes.

13.5.2.1 Joaninhas (Coleoptera: Coccinellidae)

As joaninhas são besouros e, possivelmente, os mais familiares e amplamente reconhecidos dos predadores de insetos. São insetos comuns distribuídos em várias espécies.

As joaninhas adultas têm como característica o formato redondo-oval, com coloração metálico-brilhante e freqüentemente com pintas nos élitros. Os adultos e, particularmente, as larvas de joaninhas podem alimentar-se de inúmeros insetos, especialmente os de corpos mais tenros, como os pulgões. No entanto, algumas espécies são generalistas, tendo como alimento, além dos pulgões, lagartas e pequenos besouros e ovos de insetos em ge-

ral. Os adultos da maioria das espécies também podem alimentar-se de pólen, de néctar e de "honeydew". A disponibilidade de tais alimentos, na realidade, é até importante na conservação e no aumento da atividade desses insetos benéficos no campo, principalmente considerando que a alimentação não chega a causar nenhum tipo de prejuízo para a planta.

A maioria das joaninhas coloca seus ovos em massas de 5 a 30 ovos, de coloração laranja-amarelada. Os ovos são bastante distintivos, embora, às vezes, se assemelhem aos ovos produzidos por alguns besouros-pragas que atacam as folhas (como, por exemplo, besouros da família *Chrysomelidae*, como a vaquinha *Diabrotica speciosa*). Os ovos, normalmente, são postos próximos às colônias de insetos que provêem o alimento para suas larvas.

Os estádios imaturos ou larvais das joaninhas são muito diferentes dos adultos e, freqüentemente, são negligenciados ou identificados erroneamente. As larvas de joaninhas são alongadas, geralmente escuras, entremeadas com manchas de coloração laranja ou amarela. Algumas espécies podem ter espinhos, enquanto outras podem ser cobertas com cera branca. As larvas são caçadoras ativas e vorazes, podendo deslocar-se rapidamente sobre as plantas, enquanto procuram seu alimento. A maioria pode completar as fases larvais em duas ou três semanas. Após esse período, transformam-se na fase de pupa, ficando aderidas à planta ou a objetos próximos a essas.

Coleomegilla maculata (Coleoptera: Coccinellidae)

A espécie pode apresentar entre duas e cinco gerações por ano. Seus ovos são colocados em massa, próximos à presa, que são basicamente pulgões e ovos, podendo também se alimentar

de pólen. Sua utilização tem aumentado devido à disponibilidade comercial em alguns países. A média de ovos por postura é em torno de 23. A fêmea realiza a postura em camada única, sendo raras as vezes que essa pode ser encontrada de modo disperso. O período de incubação dos ovos é de três dias, são de formato elíptico e de coloração amarelo-clara, permanecendo assim até próximo da eclosão, quando, então, tornam-se acinzentados.

As larvas são de corpo alongado, com as respectivas regiões e a segmentação abdominal, distintas com pernas e antenas bem desenvolvidas; a fase larval tem duração de 13 dias. Próximo à mudança de cada instar, a larva pára de se alimentar e se fixa na parte dorsal das folhas, usando o último segmento abdominal, ocorrendo, dessa maneira, a ecdise; após completar o processo, a exúvia fica aderida ao local. A fase de pré-pupa apresenta duração de um dia e se manifesta quando a larva completa o seu total desenvolvimento. Então, ela pára de se alimentar e se fixa na parte dorsal das folhas.

A pupa, no início, apresenta coloração clara, que escurece lentamente; a fase de pupa tem duração de quatro dias.

Ao emergirem, os adultos permanecem imóveis juntos à exúvia, até adquirirem coloração normal. Logo após a emergência, estes se apresentam de coloração clara. Com o passar do tempo, essa coloração vai escurecendo, tornando-se vermelha, com manchas pretas. Normalmente, as fêmeas são mais robustas do que os machos. Os adultos apresentam asas membranáceas de coloração cinza, antenas negras e do tipo capitada, aparelho bucal do tipo mastigador e pernas de coloração negra. O ciclo total de ovo a adulto tem duração de 20 dias.

Cycloneda sanguinea (Coleoptera: Coccinellidae)

A média de ovos por postura é em torno de 20. A fêmea realiza a postura em camada única, sendo raras as vezes que essas podem ser encontradas de modo disperso. O período de incubação dos ovos é de três dias, são de formato elíptico e de coloração amarelo-clara, permanecendo assim até próximo da eclosão, quando, então, se tornam acinzentados. As larvas são de corpo alongado, com as respectivas regiões e a segmentação abdominal distintas, com pernas e antenas bem desenvolvidas. A fase larval tem duração de 11 dias. Próximo à mudança de cada instar, a larva pára de se alimentar e se fixa na parte dorsal das folhas, usando o último segmento abdominal, ocorrendo, dessa maneira, a ecdise; após completar o processo, a exúvia fica aderida ao local.

A fase de pré-pupa apresenta duração de um dia e se manifesta quando a larva completa o seu total desenvolvimento. Então, ela pára de se alimentar e se fixa na parte dorsal das folhas. A pupa, no início, apresenta coloração clara, que escurece lentamente; a fase de pupa tem duração de quatro dias. Ao emergirem, os adultos permanecem imóveis juntos a exúvia, até adquirirem coloração normal. Logo após a emergência, estes se apresentam de coloração clara. Com o passar do tempo, essa coloração vai escurecendo, tornando-se vermelho-brilhante. Normalmente, as fêmeas são mais robustas do que os machos. Os adultos apresentam asas membráceas de coloração cinza, antenas negras e do tipo capitada, aparelho bucal do tipo mastigador e penas de coloração negra. O ciclo total de ovo a adulto tem duração de 18 dias.

Hippodamia convergens (Coleoptera: Coccinellidae)

A média de ovos por postura é em torno de 26. A fêmea realiza a postura em camada única, sendo raras às vezes que estas podem ser encontradas de modo disperso. O período de incubação dos ovos é de três dias, são de formato elíptico e de coloração amarelo-clara, permanecendo assim até próximo da eclosão, quando se tornam acinzentados.

As larvas são de corpo alongado, com as respectivas regiões e a segmentação abdominal distintas, com pernas e antenas bem desenvolvidas; a fase larval tem duração de 15 dias. Próximo à mudança de cada instar, a larva pára de se alimentar e se fixa na parte dorsal das folhas, usando o último segmento abdominal, ocorrendo, dessa maneira, a ecdise; após completar o processo, a exúvia fica aderida ao local.

A fase de pré-pupa apresenta duração de um dia e se manifesta quando a larva completa o seu total desenvolvimento. Então, ela pára de se alimentar e se fixa na parte dorsal das folhas. A pupa, no início, apresenta coloração clara, que escurece lentamente; a fase de pupa tem duração de quatro dias.

Ao emergirem, os adultos permanecem imóveis juntos à exúvia, até adquirirem coloração normal. Logo após a emergência, estes se apresentam de coloração clara. Com o passar do tempo, essa coloração vai escurecendo, tornando-se alaranjada, com manchas pretas. Normalmente, as fêmeas são mais robustas do que os machos. Os adultos apresentam asas membranáceas de coloração cinza, antenas negras e do tipo capitada, aparelho bucal do tipo mastigador e pernas de coloração negra. O ciclo total de ovo a adulto tem duração de 22 dias.

Olla v-nigrum (Coleoptera: Coccinellidae)

As "joaninhas" *Olla v-nigrum* são eficientes predadoras tanto na fase larval quanto adulta. A média de ovos por postura é em torno de 21. A fêmea realiza a postura em camada única, sendo raras as vezes que essas podem ser encontradas de modo disperso. O período de incubação dos ovos é de três dias, são de formato elíptico e de coloração amarelo-clara, permanecendo assim até próximo da eclosão, quando se tornam acinzentados.

As larvas são de corpo alongado, com as respectivas regiões e a segmentação abdominal distintas, com pernas e antenas bem desenvolvidas; a fase larval tem duração de 13 dias. Próximo à mudança de cada instar, a larva pára de se alimentar e se fixa na parte dorsal das folhas, usando o último segmento abdominal, ocorrendo, dessa maneira, a ecdise; após completar o processo, a exúvia fica aderida ao local. A fase de pré-pupa apresenta duração de um dia e se manifesta quando a larva completa o seu total desenvolvimento. Então, ela pára de se alimentar e se fixa na parte dorsal das folhas. A pupa, no início, apresenta coloração clara, que escurece lentamente; a fase de pupa tem duração de quatro dias.

Ao emergirem, os adultos permanecem imóveis juntos à exúvia, até adquirirem coloração normal. Logo após a emergência, esses se apresentam de coloração clara. Com o passar do tempo, essa coloração vai escurecendo, sendo que os adultos de coloração negra adquirem uma coloração negro-brilhante, enquanto as manchas de seus élitros adquirem coloração alaranjada. Já os adultos, de coloração amarelo-palha, apresentam um leve aumento de sua tonalidade e as manchas localizadas ao longo de seus élitros adquirem coloração negra. No entanto, os adultos apresentam

características comuns, como: asas membranáceas de coloração cinza, antenas negras e do tipo capitada, aparelho bucal do tipo mastigador e pernas de coloração negra. A diferença no padrão de coloração de *O. v-nigrum* não é dimorfismo sexual. Assim, essa espécie pode ser classificada como dicromática, ou seja, com dois padrões de coloração. O ciclo total de ovo a adulto tem duração de 20 dias.

Eriopis connexa (Coleoptera: Coccinellidae)

São eficientes predadoras tanto na fase larval quanto adulta. A média de ovos por postura é em torno de 26. A fêmea realiza a postura em camada única, sendo raras as vezes que essas podem ser encontradas de modo disperso. O período de incubação dos ovos é de três dias, são de formato elíptico e de coloração amarelo-clara, permanecendo assim até próximo da eclosão, quando se tornam acinzentados.

As larvas são de corpo alongado, com as respectivas regiões e a segmentação abdominal distintas, com pernas e antenas bem desenvolvidas; a fase larval tem duração de 14 dias. Próximo à mudança de cada instar, a larva pára de se alimentar e se fixa na parte dorsal das folhas usando o último segmento abdominal, ocorrendo, dessa maneira, a ecdise; após completar o processo, a exúvia fica aderida ao local.

A fase de pré-pupa apresenta duração de um dia e se manifesta quando a larva completa o seu total desenvolvimento. Então, ela pára de se alimentar e se fixa na parte dorsal das folhas.

A pupa, no início, apresenta coloração clara, que escurece lentamente; a fase de pupa tem duração de quatro dias.

Ao emergirem, os adultos permanecem imóveis juntos à exúvia, até adquirirem coloração normal. Logo após a emergência, esses se apresentam de coloração clara. Com o passar do tempo, essa coloração vai escurecendo, tornando-se negra, com manchas brancas e alaranjadas.

Normalmente, as fêmeas são mais robustas do que os machos. Os adultos apresentam características comuns, como: asas membranáceas de coloração cinza, antenas negras e do tipo capitada, aparelho bucal do tipo mastigador e pernas de coloração negra. O ciclo total de ovo a adulto tem duração de 21 dias.

13.5.2.2 Besouros de superfície do solo (Coleoptera: Carabidae)

Existem besouros de espécies predadoras de outras espécies de insetos, denominados "besouros de solo", muito comuns em áreas agrícolas, variando em tamanho entre 1,3 e 4,5 cm. A maioria possui a forma oval-alongada, com garras proeminentes. São insetos cujos élitros são tipicamente escuros, podendo ter coloração metálica. Os adultos são ativos e se movimentam rapidamente, embora normalmente passem dias debaixo de cobertura vegetal ou outros materiais em decomposição. As larvas também são predadores e normalmente ativas na superfície do solo ou um pouco abaixo.

Quase todos os besouros de superfície são predadores e podem alimentar-se de uma variedade ampla de insetos. Como o nome indica, a maioria restringe a atividade em áreas ao redor da superfície do solo e praticamente não sobe nas plantas.

Representantes típicos desse grupo de insetos são os chamados "besouros tigras" (espécies de *Cicindela* spp.). São insetos muito ativos e habilidosos no vôo. Adultos e larvas são predado-

res generalistas de outros insetos. As larvas atuam dentro de túneis construídos por elas no solo, onde ficam à espreita de suas presas.

13.5.2.3 Crisopídeos (Neuroptera)

Várias espécies de crisopídeos têm sido consideradas com grande potencial para uso em programas de controle biológico. Os crisopídeos de coloração esverdeada, por exemplo, espécies do gênero *Chrysoperla*, notadamente, *C. externa* (Chrysopidae) são insetos muito comuns em áreas agrícolas. Os adultos são de coloração verde-clara ou marrom-clara, com asas claras bem características, aparentando uma rede formada pelas veias. Os adultos das espécies mais comuns alimentam-se de néctar, de pólen e "honeydew" - embora algumas espécies do gênero *Chrysopa* também possam se alimentar de insetos pequenos. As fêmeas depositam o ovo de maneira bem distinta de outras espécies de insetos, colocando-o na parte superior de um pedicelo. Podem ser colocados isoladamente ou em grupos pequenos, nas folhas ou colmo das plantas. Existem também os denominados crisopídeos marrons (Neuroptera: Hemerobiidae), que têm a mesma forma geral das espécies verdes, variando, no entanto, na coloração marrom das asas e no menor tamanho dos adultos. As larvas são também predadoras generalistas, possuindo mandíbulas mais proeminentes do que aquelas existentes nas espécies verdes. Os adultos também são predadores de pulgões e de outros insetos pequenos, de corpo macio. As espécies de crisopídeos marrons são mais comuns em áreas com presença de arbustos.

Em geral, as larvas de crisopídeos são predadores de uma gama variada de insetos, incluindo, além dos pulgões, os tripses, lagartas e besouros pequenos. De maneira geral, a forma e o ta-

manho das larvas de crisopídeos são ligeiramente semelhantes às larvas de joaninhas. Porém, os crisopídeos imaturos normalmente são de coloração marrom-clara e possuem um proeminente par de garras, que é projetado da frente da cabeça. A fase de pupa acontece dentro de um casulo quase esférico, pálido-colorido, afixado à folha.

A Embrapa Milho e Sorgo mantém em laboratório, além de *C. externa*, várias espécies de *Ceraechnysa* e uma nova espécie do gênero *Ungla*.

13.5.2.4 Sirfídeos (Moscas) (Diptera: Syrphidae)

À semelhança dos crisopídeos, os sirfídeos também têm recebido atenção especial da pesquisa, pelo potencial de uso no controle biológico de pragas, notadamente pulgões. Os adultos são moscas comuns, de coloração brilhante. Possuem manchas amarelas ou laranjas entremeadas com preto. Podem ser confundidos com algumas espécies de vespas ou marimbondos. Porém, as moscas de sirfídeos são inofensivas a humanos. É a fase larval da mosca de sirfídeo que é predadora de insetos. De coloração variada, as larvas desse inseto movimentam-se sobre as folhas das plantas, em busca de sua presa, especialmente pulgões, que são consumidos em grande quantidade diária. As moscas de sirfídeos são particularmente importantes no controle de populações iniciais de pulgões. O predador é capaz de entrar entre as folhas de milho firmemente enroladas, procurando sua presa. Espécies de *Ocyptamus allograptus* são comuns no Brasil.

13.5.2.5 Percevejos sugadores (Hemiptera: Pentatomidae)

Embora sejam conhecidas várias espécies de percevejos que são pragas de plantas cultivadas, como os percevejos da soja e do

arroz, existem outras espécies que são predadoras. Tais espécies são capazes de atacar e matar espécies de insetos pragas até mesmo bem desenvolvidas, como lagartas ou larvas de besouros, que são sugadas pelo predador. Entre os percevejos predadores dessa família de insetos, destaca-se a espécie *Podisus maculiventris*, que alimenta principalmente de lagartas.

13.5.2.6. Percevejo assassino (Hemiptera: Reduviidae)

São insetos moderadamente grandes, que também podem alimentar-se de presas bem desenvolvidas, como larvas de insetos. A maioria das espécies é de forma alongada, possuem um aparelho bucal especializado, formando a base para a atuação do estilete, que é espinhoso. Apesar da extrema habilidade em controlar a presa, raramente atingem altas populações, em virtude de também serem muito procurados por seus próprios inimigos naturais. As espécies mais comuns associadas à agricultura incluem os gêneros *Sinea*, *Apiomerus* e *Zelus*.

13.5.2.7 Percevejos Nabídeos (Hemiptera: Nabidae)

São insetos consideravelmente menores do que as espécies da família Reduviidae (cerca de 0,6cm), de coloração amarelo-escura ou marrom-clara. Semelhantemente aos "percevejos assassinos", as espécies de *Nabidae* apresentam as patas engrossadas, que ajudam a segurar a presa. São predadores generalistas de ovos e larvas, mas também atacam outras formas de insetos, especialmente aqueles de tegumento macio. Espécies comuns pertencem ao gênero *Nabis*.

13.5.2.8 Percevejo de olhos grandes (Hemiptera: Lygaeidae)

A maioria das espécies dessa família alimenta-se de folhas e sementes. Porém, o gênero *Geocoris*, conhecido como o "perce-

vejo de olhos grandes", é predador importante de lagartas, ácaros, pulgões e muitos outros insetos. Conforme o próprio nome comum indica, apresenta os olhos muito desenvolvidos, que podem estender-se além do protórax e é particularidade desse grupo benéfico de insetos.

13.5.2.9 Percevejo-pirata pequeno (Hemiptera: Anthocoridae)

São insetos pequenos, considerados os menores dos verdadeiros percevejos (tipicamente ao redor de 16 mm), alimentam-se de pequenos artrópodes, como ácaros, tripes, pulgões e ovos de inseto. Os adultos são distinguidos por marcas pretas e brancas. As formas imaturas geralmente são de cor palha uniforme e podem ser do mesmo tamanho da sua presa. Os gêneros mais comuns são *Orius*, *Triphleps*, e *Anthocoris*.

Existem várias espécies de antocorídeos úteis. Tanto os adultos como as larvas são predadores ativos de ácaros, tripes, cicadélídeos, afídeos e, sobretudo, de psila. Os ovos são colocados normalmente em pequenos grupos nas folhas. As ninfas passam geralmente por cinco instares. Picam as suas presas com os estiletes e esvaziam-lhes gradualmente o conteúdo. Hibernam no estado adulto, sob a casca de árvores, e apresentam duas a três gerações por ano.

A espécie *Orius insidiosus* (Say) foi relatada com boa capacidade de predação em ovos e instares iniciais da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Isenhour et al., 1990).

13.6 Conservação de inimigos naturais para controle biológico

Considerando todas as técnicas disponíveis do controle biológico, numa seqüência lógica, a conservação dos inimigos naturais deveria ser a primeira aproximação a ser utilizada.

Os conceitos gerais sobre "conservação" em controle biológico são intuitivamente óbvios e podem ser assim enunciados:

1. A conservação é muito útil quando houver um inimigo natural potencialmente efetivo que se tornou ineficaz devido a fatores ambientais adversos (abióticos ou bióticos).
2. A conservação é útil onde as pragas não são adequadamente controladas por outros meios ou o custo de controle é muito alto.
3. A conservação é útil onde outras táticas de controle prejudicariam o ambiente.

Para se começar um programa de conservação de inimigos naturais, considerando os três conceitos básicos acima, será necessário verificar se há inimigos naturais potencialmente efetivos no agroecossistema alvo ou próximo dele.

Para responder a essas duas perguntas, é necessário amostrar e identificar os inimigos naturais locais. Deve ser considerado que, ao se fazer uma amostragem de inimigos naturais, o grande número de entomófagos tipicamente capturados é maior do que a capacidade prática de processamento. Deve-se, portanto, priorizar o trabalho. Primeiro, separar o material em grupos, de acordo com a forma. Posteriormente, preparar subamostras de cada grupo, para identificação. Priorizar o grupo para estudo baseado no

que se sabe sobre a categoria mais alta, como a família a que pertencem. Por exemplo, Carabidae e Ichneumonidae provavelmente incluem predadores e parasitóides relativamente importantes, enquanto Coccinellidae inclui primordialmente predadores do afídeo.

Uma vez identificados os inimigos naturais locais, fundamentalmente deve-se estudar cada um e determinar os que são potencialmente efetivos no controle da praga-alvo. Ou seja, avaliar as potencialidades dos entomófagos em termos de eficiência no laboratório, verificando se de fato eles consomem ou parasitam bem e também no campo, para determinar quais de fato atacam a praga, com destaque para aqueles que causem maior impacto, por exemplo, determinando quantas pragas são mortas e quando elas são mortas, por exemplo, antes de ou depois que o dano aconteça.

Fator importante a ser considerado é o estudo com os entomófagos de alta prioridade, para determinar as suas exigências de hábitat e o que pode estar limitando a sua efetividade no campo. O sucesso do controle biológico depende do grau de conhecimento e adequação das exigências de hábitat da espécie ou de espécies relacionadas e dos fatores limitantes da efetividade do inimigo natural, como, por exemplo, a maior ou menor cobertura vegetativa da área-alvo ou a maior ou menor presença de presas alternativas, fornecimento de outros alimentos, uso de inseticidas químicos, presença de inimigos naturais secundários ou até mesmo a competição (intra ou inter-específica).

Portanto, determinar se o fator limitante pode ser diminuído ou potencialmente viável do ponto de vista de custo é fundamental, o que pode ser verificado através da condução de experimentos de campo, modificando o hábitat da planta cultivada, para

testar a viabilidade da conservação, confirmando os fatores limitantes e avaliando a possibilidade de melhorar o controle biológico em pequena escala.

Numerosas táticas de conservação de inimigos naturais já foram usadas no passado, especialmente no começo do controle biológico conservador, visando, principalmente, a redução da mortalidade direta ou a interferência e provisão de recursos adicionais para os insetos.

A idéia atrás da estratégia da redução da mortalidade direta é óbvia. Ao reduzir a mortalidade de inimigos naturais, haverá simplesmente mais insetos benéficos presentes, que poderão exercer maior controle em cima da população da praga. Porém, os fatores que podem matar os inimigos naturais são numerosos, de modo que as táticas requeridas para reduzir a mortalidade são diversas. Semelhantemente, se nós aumentarmos o desempenho dos entomófagos, eles darão melhor controle.

Pó

Excesso de pó na área-alvo pode ser prejudicial ao controle biológico, principalmente para aqueles inimigos naturais mais ativos e expostos, que, por ficarem mais freqüentemente em contato com o pó, têm diminuída sua capacidade de procurar a presa e, por conseqüência, reduzida sua eficácia no local. O excesso de pó pode também induzir à emigração. O pó poderia, ainda, ter efeito sobre a camada epicuticular cerosa do inseto, induzindo a dessecação.

Uso de cobertura vegetal, plantio direto ou até mesmo pavimentação das estradas próximas às áreas de plantio são práticas que podem ser efetivas na supressão do pó. Menos intuitivamen-

te, óbvio é o valor potencial de quebra-ventos, que levam a menor movimento do ar, diminuindo a movimentação do pó e provocando menor impacto sobre as taxas de parasitismo.

Controle químico

Os agroquímicos podem ser a principal causa de ruptura do controle natural ou biológico. Os esforços iniciais para reduzir esse impacto foram centrados na redução do número de aplicações de inseticidas, fazendo com que as aplicações de fato coincidisse com níveis de população da praga que fossem prejudiciais, caso não fosse controlada. Esse foi o começo do conceito de Manejo Integrado de Pragas. Posteriormente, foram incluídos o uso de inseticidas seletivos ou formulações mais seletivas de inseticidas padrões, por exemplo, inseticidas granulados para uso no solo (muitos), doses reduzidas de inseticidas (muitos) etc. A utilização de inseticidas seletivos é primordial no manejo de pragas.

Plantas geneticamente modificadas

A nova área da engenharia genética visando à resistência contra insetos está em seu início. Não podem ser ainda preditos os impactos agrícolas, ecológicos, científicos e sócio-políticos em longo prazo desse trabalho, com a devida segurança.

Atualmente disponível, plantas resistentes a insetos foram geneticamente modificadas através da inserção em seu genoma do gene da endotoxina de *Bacillus thuringiensis* (Bt). Quatro grandes cultivos já possuem "variedades Bt" disponíveis: milho, algodão, batata e soja. Essas variedades oferecem esperança, mas também levantam, suscitam alguns questionamentos sobre o futuro do manejo integrado de pragas: elas permitirão reduções significantes e continuadas no uso de inseticida ou os insetos fica-

rão resistentes ao Bt incorporado? Como deveríamos manejar cultivares com Bt para atrasar o desenvolvimento de resistência ao gene de Bt incorporado? Também há perguntas que envolvem aspectos científicos e sócio-políticos: o alimento contendo Bt é seguro? Tais variedades continuarão a fazer parte da moderna agricultura?

As companhias produtoras de variedades Bt entendem o risco da resistência. Sabem também que a resistência em uma população de inseto é possível, através de mutação para resistência. Isso parece favorecer o uso de baixos níveis da expressão da endotoxina Bt para reduzir a velocidade do desenvolvimento de resistência. Porém, sabe-se também que um alto nível de expressão de Bt trará mais dificuldade para uma população de inseto dar o primeiro passo evolutivo para resistência. Assim, o plano atual incorpora níveis altos de expressão da endotoxina Bt, entremeados com plantios de cultivares sem a toxina, para reduzir o risco de genótipos resistentes dos insetos passarem para a próxima geração.

Insetos desenvolverão resistência às cultivares Bt? Muito provavelmente. Porém, não se pode prever a data. As corporações já estão trabalhando na próxima geração de cultivares geneticamente modificadas com níveis até mais altos de Bt e com genes múltiplos.

O Bt foi considerado um inseticida microbiano muito seguro. A maioria dos dados científicos disponíveis indicam que a proteína de endotoxina em alimento não é perigosa.

Disponibilização de recursos suplementares

Recursos essenciais para um inimigo natural incluem o hospedeiro, outros alimentos que não o hospedeiro e áreas de refúgio (abrigo). Todos estes fatores têm sido manipulados para aumentar a eficiência do controle biológico.

Hospedeiro/presa

Uma presa (para uma espécie de predador) ou um hospedeiro (para uma espécie de parasitóide) podem ser disponibilizados no campo em casos de escassez, para manter no local a população do entomófago. Exemplo disso é encontrado em relação ao pulgão *Diuraphis noxia* (Mordvilko) (Homoptera: Aphididae). Havia dificuldade no estabelecimento de *Aphelinus asychis* Walker (Hymenoptera: Aphelinidae), no sudeste de Idaho (EUA). O problema parecia ser relacionado ao fato de a vespa emergir da diapausa hibernar antes que a população de afídeos fosse suficiente para a sobrevivência do parasitóide. Assim, foi liberada na área certa quantidade de pulgões que garantiu o estabelecimento do parasitóide.

Hospedeiro/presa alternativos

Hospedeiros ou presas alternativas também podem ser fornecidos aos inimigos naturais. O primeiro estudo documentado envolveu o ácaro *Tetranychus pacificus* McGregor (Tetranychidae), que é uma praga séria de uvas em vinhedos da Califórnia. O ácaro *Eotetranychus willamettei* Ewing (Tetranychidae) também ocorre nos vinhedos, mas é uma praga secundária. Essa espécie, às vezes, serve como presa, enquanto permite que o predador *Metaseiulus occidentalis* (Nesbitt) (Phytoseidae) atinja uma população suficiente para evitar que a praga-alvo atinja números prejudiciais.

Alimento de não-hospedeiros

Fontes vivas de alimento que não o hospedeiro podem ser outras variedades ou até outros materiais. Plantio intercalar em grande escala pode atingir metas semelhantes.

A pulverização de alimento tem sido baseada tipicamente em uma fonte de carboidrato (açúcar ou mel) ou em uma proteína e fonte de carboidrato (açúcar ou mel, mais fermento ou caseína hidrolisada ou fermento). Em conservação, pulveriza-se o alimento, que servirá, principalmente, como atraente, retendo os inimigos naturais na área, até que a população da praga comece a aumentar. Por exemplo, os crisopídeos respondem bem em área pulverizada com sacarose. Aumentos semelhantes foram verificados para adultos de Coccinellidae (joaninhas). A pulverização de fonte alimentar permanece como prática popular entre os agricultores orgânicos. A sincronia entre a aplicação e a presença de inimigos naturais a serem retidos no campo e o excesso de água de chuva que poderá lavar o alimento são problemas a serem contornados.

Refúgios

Refúgios podem ser necessários por um curto espaço de tempo dentro do ciclo de cultivo. Bordaduras, quebra-ventos e outras áreas com vegetação perene podem abrigar Chrysopidae e espécies de Coccinellidae em diapausa e que não migram para longas distâncias. Árvores com grama ao redor delas são frequentemente melhores. Cantos de campos de pivô central podem ser bons candidatos para servirem de refúgio.

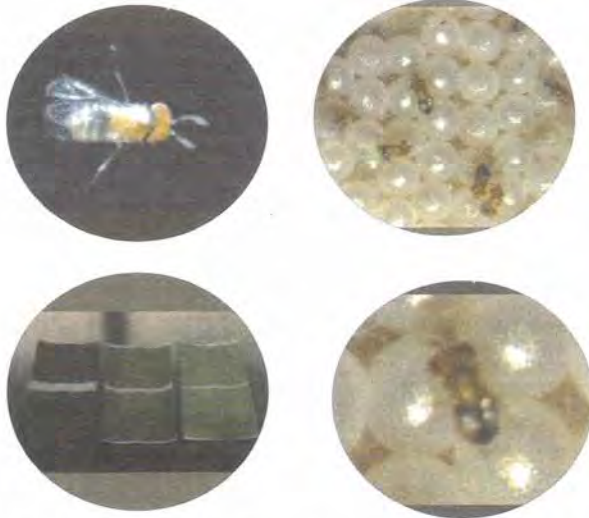


Figura 13.1. Fases biológicas de *Trichogramma pretiosum* – vespinha, que parasita ovos de Lepidoptera: acima, fêmea adulta em close e sobre ovos de *S. frugiperda* e, abaixo, detalhe do parasitismo (direita) e cartela com fases do parasitismo.



Figura 13.2. *Trichogramma pretiosum* (acima), ovo de *Helicoverpa zea* não parasitado e parasitado pela vespa.

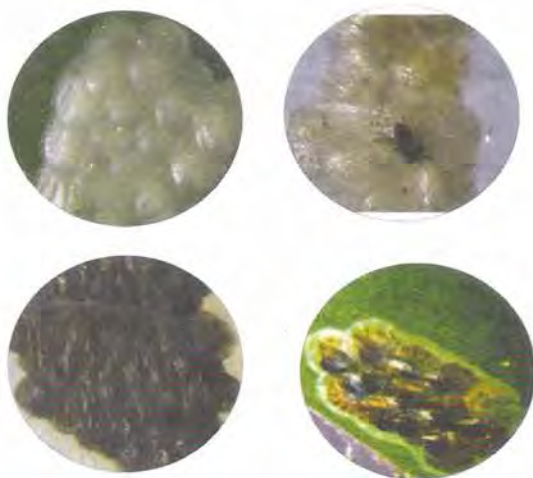


Figura 13.3. Ovos de *Diatraea saccharalis* (broca da cana-de-açúcar) e presença da fêmea de *Trichogramma galloi* parasitando (acima) e, abaixo, postura parasitada e postura não parasitada próxima à eclosão das larvas da broca.

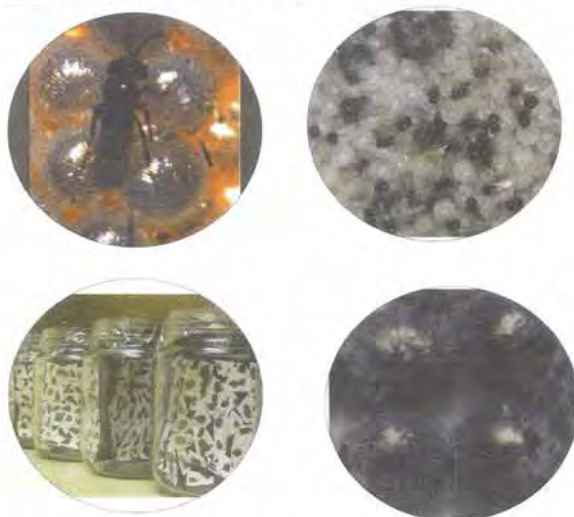


Figura 13.4. Fases biológicas de *Telenomus remus* - vespinha que parasita ovos de *Spodoptera frugiperda*: acima, fêmea adulta sobre ovos de *S. frugiperda* e, abaixo, orifício de saída da vespinha (direita) e detalhe da criação.

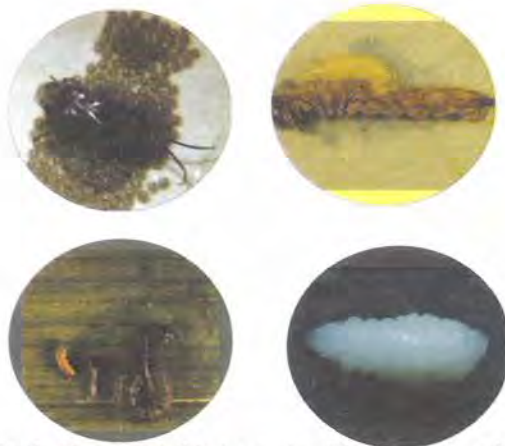


Figura 13.5. Fases biológicas de *Chelonus insularis* - vespa que parasita ovos de *Spodoptera frugiperda*, mas que mata a lagarta: acima, fêmea adulta sobre ovos de *S. frugiperda* e larva do parasitóide saindo do corpo morto da lagarta-do-cartucho e, abaixo, pupa da vespa (direita) e comparação entre larva sadia e parasitada.



Figura 13.6. Fases biológicas de *Campoletis flavicincta* - vespa que parasita larvas pequenas de *Spodoptera frugiperda*: acima: adulto e pupa (esquerda) e larva do parasitóide saindo do corpo morto da lagarta-do-cartucho e, abaixo, pupa da vespa (direita) e comparação entre larva sadia e parasitada.

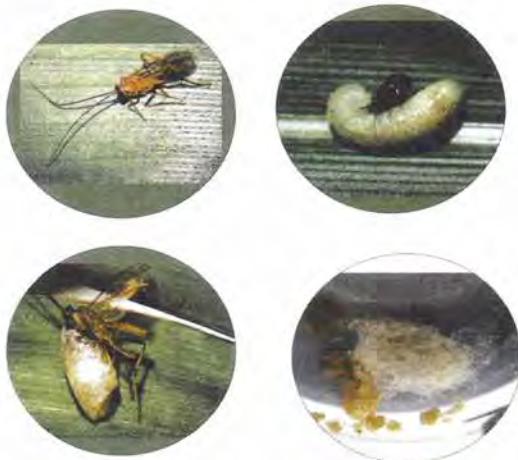


Figura 13.7. Fases biológicas de *Exasticalus fuscicornis* - vespa que parasita larvas pequenas de *Spodoptera frugiperda*: acima, adulto e larva do parasitóide e, abaixo, pupa da vespa (direita) e adulto junto ao seu casulo.



Figura 13.8. Fases biológicas de *Cotesia flavipes* - vespa que parasita larvas de *Diatraea saccharalis* - acima, larva de *D. saccharalis* (broca da cana-de-açúcar) sem e com a presença do parasitóide e abaixo, larva sendo parasitada (direita) e casulo da vespinha.

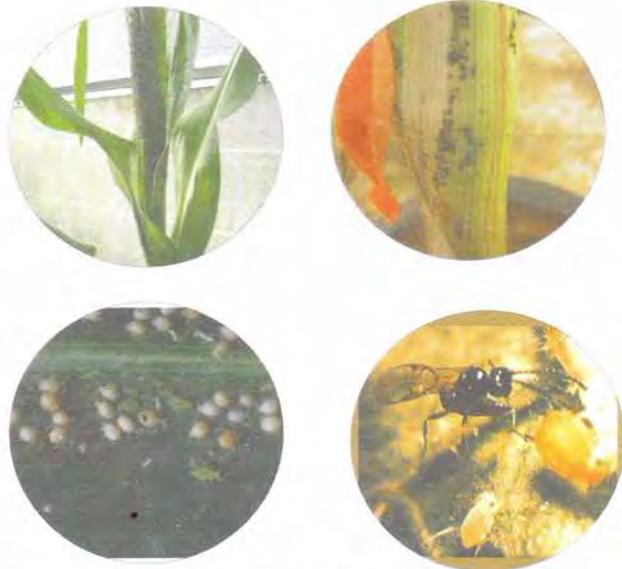


Figura 13.9. Colônia do pulgão *Rhopalosiphum maidis* em milho (acima) e múmias de pulgões parasitados e detalhe do parasitóide *Aphidius colemani* (abaixo).



Figura 13.10. Parasitóide da ordem Diptera associado à lagarta-do-cartucho.



Figura 13.11. Fases biológicas de *Coleomegilla maculata* (joaninha): acima, adulto e ovo e, abaixo, larva (direita) e pupa.



Figura 13.12. Fases biológicas de *Cycloneda sanguinea* (joaninha): acima, adulto e ovo e, abaixo, larva (direita) e pupa.



Figura 13.13. Fases biológicas de *Eriopis connexa* (joaninha): acima, adulto e ovo e, abaixo, larva (direita) e pupa.



Figura 13.14. Fases biológicas de *Hippodamia convergens* (joaninha): acima, adulto e ovo e, abaixo, larva (direita) e pupa.



Figura 13.15. Fases biológicas de *Olla v-nigrum* (joaninha): acima, adulto e ovo e, abaixo, larva (direita) e pupa.



Figura 13.16. Fases biológicas de *Chrysoperla externa* (crisopídeo): acima, adulto e ovo e, abaixo, larva (direita) e pupa.

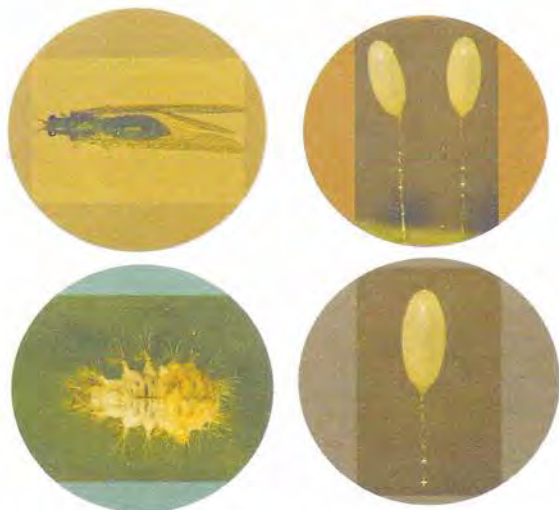


Figura 13.17. Fases biológicas de *Ceraeochysa caligata* (crisopídeo): acima, adulto e ovo e, abaixo, larva (direita) e ovo.

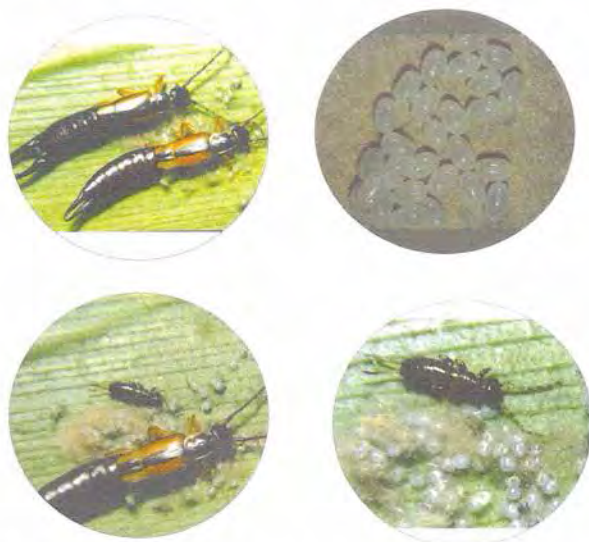


Figura 13.18. Fases biológicas de *Doru luteipes* (tesourinha predadora de ovos, larvas e pulgões): acima, casal adulto e ovos e, abaixo, ninfa (direita) e fêmea e ninfa.

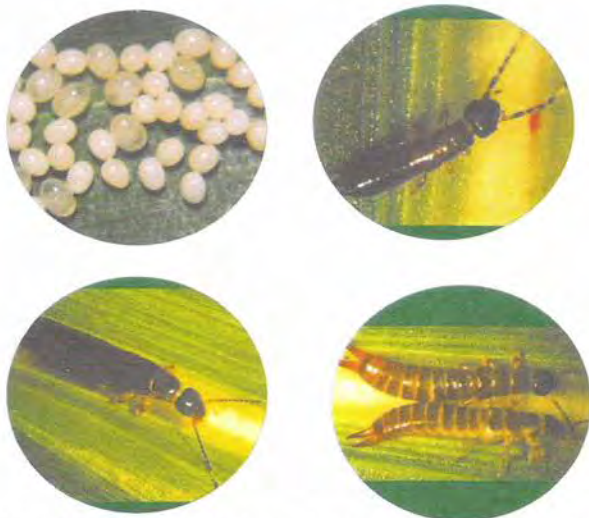


Figura 13.19. Fases biológicas da tesourinha, *Euborellia anulipes*: acima, ovos e ninfa jovem e, abaixo, adulto e ninfas.

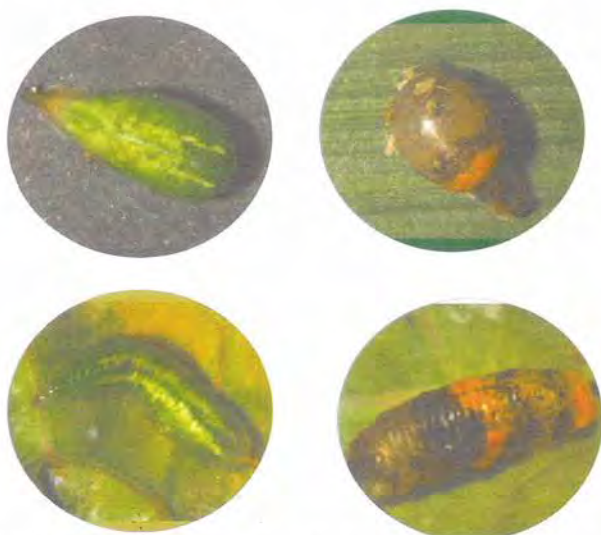


Figura 13.20. Pupas (acima) e larvas (abaixo) de espécies de Sifídeos.



Figura 13.21. Predadores de pragas associadas ao milho: acima, *Geocoris* e *Nabis* e abaixo, *Podisus* e *Zellus*.



Figura 13.22. Fases biológicas do predador *Calosoma* sp.: acima, adultos e ovo e, abaixo, larva (direita) e pupa.

13.7 Referências

BLAIR, A.; ZAHM, S. H.; PEARCE, N. E.; HEINEMAN, E. E.; FRAUMENI, J. E., Jr. Clues to Cancer Etiology from Studies of Farmers. **Scandinavian Journal of Work, Environment and Health**, Helsinki, v. 18, n. 4, p. 209-215, 1992.

CAVE, R. Biology, ecology and use in pest management of *Telenomus remus*. **Biocontrol News and Information**, Wallingford, v. 21, n. 1, p. 21N-26N, 2000. Disponível em: <<http://www.pestscience.com/PDF/BNIRA52.PDF>> Acesso em: 28 maio 2007

CRUZ, I. Controle biológico em manejo de pragas. In: PARRA, J. R.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (Ed.). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. Manole: São Paulo, 2002. Cap. 32, p. 543-570.

CRUZ, I. **Manejo da resistência de insetos pragas a inseticidas com ênfase em *Spodoptera frugiperda* (Smith)**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 15 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 21).

CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C.; MATOSO, M. J. **Controle biológico de *Spodoptera frugiperda* utilizando o parasitóide de ovos *Trichogramma***. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1999a. 40 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 30).

DACQUEL, L. T.; DAHMANN, D. C. **Residents of farms and rural areas: 1991**. Washington DC: Bureau of the Census, 1993. (Current Population Report No. P20472). Falta o numero de paginas

ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. Office of Pesticide Programs. **List of chemicals evaluated for carcinogenic potential.** Washington, 1997. 22 p..

ISENHOUR, D. J.; LAYTON, R. C.; WISEMAN, B. R. Potential of adult *Orius insidiosus* [Hemiptera: Anthocoridae] as a predator of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. **Biocontrol**, Dordrecht, v. 35, n. 2, p. 269-275, 1990.

MOSES, M. Pesticide-related health problems and farm workers. **American Association of Occupational Health Nurses Journal**, Atlanta, v. 37, p. 115-128, 1989

MOTT L. **Our children at risk:** the five greatest threats to children's health. New York: Natural Resources Defense Council, 1997. Falta o numero de paginas

ESTADOS UNIDOS. Congresso. Office of Technology Assessment. **Neurotoxicity:** Identifying and Controlling Poisons of the Nervous System. Washington, April 1990. p. 283-285. 1990

PIMENTEL, D.; ACQUAY, H.; BILTONEN, M.; RICE, P.; SILVA, M.; LIPNER, V.; GIORDANO, S.; HOROWITZ, M. D' AMORE. Environmental and economic costs of pesticide use. **BioScience**, Washington, v. 42, n. 10, p. 750-760, 1992.

REPETTO, R.; BALIGA, S. S. **Pesticides and the immune system:** the public health risks. Washington: WRI, 1996. 103 p.

STEENLAND, K.; Jenkins, B.; Ames, R. G.; O'Malley, M.; Chrislip, D; Russo, J. Chronic neurological sequelae to organophosphate pesticide poisoning. **American Journal of Public Health**, Washington, v. 84, p. 731-736, 1994.

WOLFF, M. S.; TONIOLO, P. G; LEE, E. W; RIVERA, M.; DUBIN, N. Blood levels of organochlorine residue and risk of breast cancer. **Journal of the National Cancer**, Bethesda, v. 85, p. 648-652, 1993.

Capítulo 14

Viabilidade e Manejo da Irrigação

Camilo de Lelis Teixeira Andrade
Paulo Emílio Pereira Albuquerque
Ricardo Augusto Lopes Brito
Morethson Resende

14.1 Viabilidade da irrigação

Antes de adquirir qualquer equipamento ou construir qualquer estrutura para irrigação, deve-se, primeiro, determinar se há necessidade de irrigar a cultura naquele local e se é possível irrigar. Em geral, o interesse pela irrigação costuma aumentar quando ocorre estiagem, com quebra ou perda da produção. Por outro lado, muitos agricultores, motivados pelo modismo ou impulsionados pela pressão comercial e facilidade de crédito, adquirem sistemas de irrigação sem mesmo verificar se a cultura a ser irrigada necessita ou responde à irrigação ou se a fonte de água de que dispõem é suficiente para atender à necessidade hídrica da cultura.

Antes de decidir irrigar, deve-se levar em consideração diversos fatores, entre os quais a quantidade e distribuição da chuva, o efeito da irrigação na produção, a necessidade de água das culturas e a qualidade e disponibilidade de água da fonte. O fator mais importante, que determina a necessidade de irrigação de uma certa cultura em uma região, é a quantidade e a distribuição das chuvas, quando comparada aos requerimentos hídricos da cultura. Outras razões para se utilizar irrigação são o aumento da produtividade, a melhoria da qualidade do produto, a produção na entressafra, o uso mais intensivo da terra e a redução do risco do investimento feito na atividade agrícola.

Outro aspecto que vem se tornando cada vez mais importante quando se cogita o uso da água na agricultura é a competição entre usos múltiplos dos recursos hídricos. Em pleno século 21, em que a água é considerada como o recurso natural mais escasso, qualquer política ou decisão estratégica sobre seu uso leva em conta opções de seu uso para diferentes fins: agricultura,

uso urbano, pecuária, indústria, pesca, ambiente, turismo etc. Essa competição entre usos comporta duas análises principais, uma análise econômica e outra ambiental.

A análise ambiental tem uma escala mais ampla e é geralmente conduzida no âmbito governamental. Entretanto, a análise econômica se aplica em escala mais reduzida e, portanto merece atenção do produtor agrícola. Trata-se do conceito, relativamente recente, de produtividade da água, que procura exprimir a produtividade unitária da água, seja em termos físicos (em kg m^{-3} - quilograma de produto por m^3 de água aplicado ou utilizado) ou em termos econômicos (em $\text{R\$ m}^{-3}$ - R\$ de retorno bruto por m^3 de água aplicado). Esse conceito é usado para auxiliar na definição sobre qual a melhor opção econômica de uso da água. No caso da produção agrícola, pode servir de indicador entre diferentes culturas. Numa escala regional, pode ser usado para comparar o retorno econômico do uso dos recursos hídricos para diferentes fins (agricultura, pecuária, indústria, urbano etc).

14.1.1 Quantidade e distribuição de chuvas

A necessidade de irrigação diminui das regiões áridas e semi-áridas para as regiões mais úmidas. Geralmente, nas regiões mais úmidas do país, a quantidade de chuvas ao longo do ano é suficiente para o cultivo de, pelo menos, uma safra de milho. Entretanto, devido à má distribuição das chuvas, a cultura pode sofrer com a falta de água. É comum, na região dos Cerrados, a ocorrência de veranicos (períodos secos no meio do período chuvoso), que causam quebra na produtividade e na qualidade dos grãos. Se esse tipo de risco não é tolerável, como no caso da produção de sementes, deve se dispor de irrigação, mesmo que essa aparentemente fique subutilizada durante parte do período chuvoso, lem-

brando, ainda, que, nessa região, as culturas de inverno necessitam ser irrigadas. Além do mais, o cultivo de milho verde para indústria ou consumo in natura requer irrigações freqüentes ao longo de todo o ciclo.

A análise de dados históricos de chuvas ao longo do ano é, portanto, fundamental na tomada de decisão de irrigar. Na Figura 14.1, são plotadas a precipitação mensal média e a precipitação mensal provável para o período de 1988 a 1998, em Sete Lagoas, MG. A precipitação provável representa um certo valor de precipitação que pode ser igualado ou superado com um determinado nível de probabilidade, definido com base no histórico da precipitação. Nota-se que a precipitação média (cuja probabilidade de ocorrência é aproximadamente 50%) é significativamente maior que a precipitação esperada, com 75% e 91,7% de probabilidade. Para a produção de culturas de menor valor comercial, como o milho, pode-se adotar, nesse tipo de análise, um nível de probabilidade de 75%.

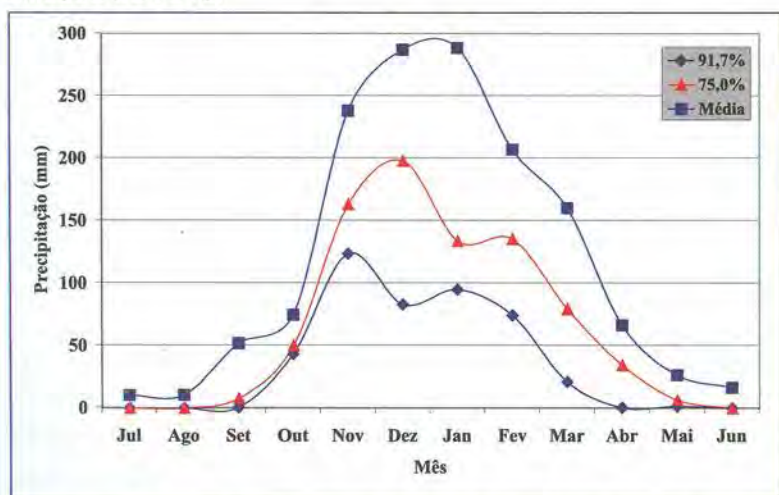


Figura 14.1. Precipitação média e provável (probabilidade de ocorrência), para o período de 1988 a 1998, Sete Lagoas, MG.

14.1.2 Necessidade de água da cultura do milho

A quantidade de água que o milho utiliza durante o ciclo é chamada demanda sazonal, podendo variar com as condições climáticas da região onde é cultivado. Em regiões semi-áridas, em geral, as plantas requerem maior quantidade de água por ciclo.

Há um período durante o ciclo da cultura em que mais água é consumida diariamente. No caso do milho, esse período coincide com o florescimento e o enchimento de grãos. A quantidade de água usada pela cultura, por unidade de tempo, nesse período, é chamada demanda de pico.

O requerimento de água das culturas é, majoritariamente, a quantidade que as plantas transpiram. Como ocorre, simultaneamente, evaporação na superfície do solo, essas duas componentes combinadas são chamadas evapotranspiração (ET), a qual pode ser estimada a partir do consumo de água de uma cultura de referência (ET_o), que, por sua vez, é determinada com os dados de clima do local. A cultura de referência é uma cultura hipotética, que seria semelhante à grama, com 12 cm de altura e sem qualquer deficiência hídrica ou nutricional, nem incidência de pragas ou doenças.

Os valores de ET_o devem ser multiplicados pelos valores do coeficiente de cultura (K_c) para obter a curva de ET_c (evapotranspiração da cultura) para o milho. A estimativa da evapotranspiração de referência e do consumo de água da cultura do milho será discutida com detalhes em outro tópico. No presente capítulo, serão empregados dados médios de ET_o e será considerado um coeficiente de cultivo de 1, visando exemplificar a análise da necessidade ou não de irrigar a cultura, na região de Sete Lagoas, MG.

Na Figura 14. 2, são apresentadas as curvas de evapotranspiração de referência média e provável, para o período de 1988 a 1998, em Sete Lagoas, MG. Diferentemente da precipitação (Figura 14.1), o gráfico mostra a probabilidade de ocorrência de um valor igual ou menor que o indicado. Por essa razão, os valores médios de ETo são menores que os valores associados a uma certa probabilidade (maior que 50%) de ocorrência. Vale lembrar que a evapotranspiração do milho é maior que a evapotranspiração de referência (Kc maior do que 1) no período de pico de consumo. Dois picos de consumo mensal são observados para o exemplo em questão, um em outubro e outro em janeiro. O sistema de irrigação deve ser capaz de fornecer a quantidade sazonal de água à cultura, bem como de suprir a demanda de pico. A quantidade sazonal de água requerida pela cultura deve ser comparada com a quantidade de água disponível na fonte durante o ciclo.

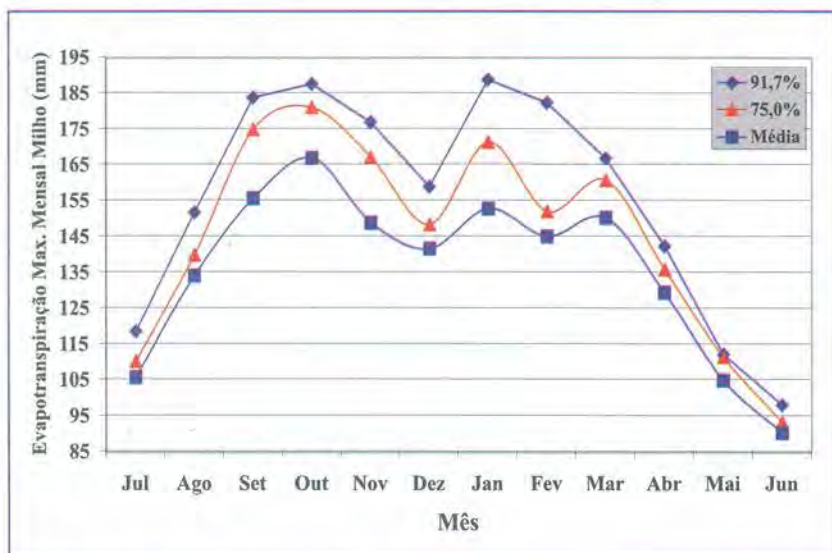


Figura 14.2. Evapotranspiração máxima mensal, média e provável, da cultura do milho, para o período de 1988 a 1998, Sete Lagoas, MG.

14.1.3 Comparação entre curvas de precipitação e de evapotranspiração

Quando se plotam as curvas de precipitação mensal junto com as de evapotranspiração de referência mensal (Figura 14.3) é que se tem uma visão melhor da necessidade, ou não, de irrigar. O primeiro ponto que chama a atenção no exemplo é que, dada a grande variabilidade interanual da precipitação, dados médios devem ser evitados em favor de dados probabilísticos. O mesmo não é tão necessário com a evapotranspiração, que é mais uniforme. Considerando uma probabilidade de 75%, nota-se que, exceto para o período de novembro a janeiro, nos demais meses há necessidade de irrigação, mesmo que complementar às chuvas. Um agravante para a situação é a possibilidade de ocorrência de veranicos, como pode ser observado na Figura 14.4. Nota-se que veranicos de até 15 dias podem ocorrer, como é o caso do período de 13 a 31 de janeiro de 1996, o qual, na ausência de irrigação, poderia causar quebra na produtividade ou danos irreversíveis à cultura do milho.

14.1.4 Efeito da irrigação na produtividade do milho

Além do efeito direto da disponibilidade de água para as plantas, outros fatores contribuem para que a irrigação proporcione um aumento na produtividade da cultura. Esses são: o uso mais eficiente de fertilizantes, a possibilidade de emprego de uma maior densidade de plantio e a possibilidade de uso de variedades que respondem melhor à irrigação.

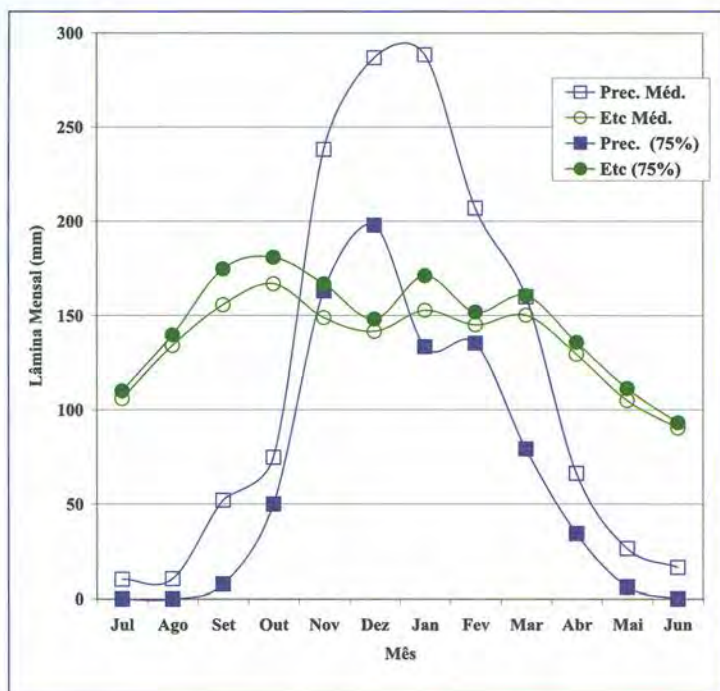


Figura 14.3. Comparação de curvas de precipitação e evapotranspiração médias e prováveis (probabilidade de ocorrência), para o período de 1988 a 1998, Sete Lagoas, MG

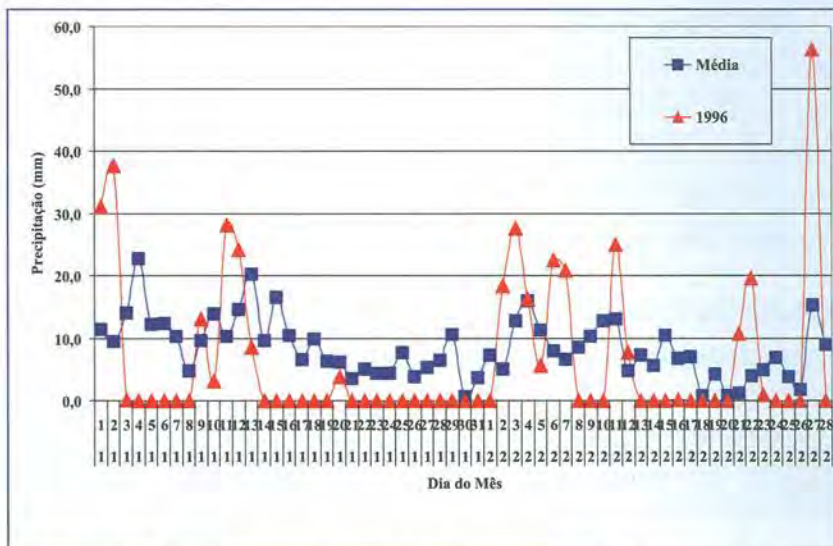


Figura 14.4. Precipitação média e dos meses de janeiro e fevereiro de 1996, indicando a ocorrência de veranicos, Sete Lagoas, MG.

Em ensaios experimentais, pode-se observar que vários materiais de milho apresentam boa resposta à irrigação (Tabela 14.1).

Alguns desses materiais apresentam também boa tolerância ao estresse hídrico. Vale observar ainda que esse mesmo tipo de análise de produção dos materiais de milho pode ser empregado em situações de escassez de água, em que o objetivo seria maximizar a produção por unidade de volume de água (produtividade da água) e não por unidade de área cultivada.

A análise de dados de produtividade potencial da cultura, juntamente com dados de custo de produção e preços, é crucial na tomada de decisão de irrigar ou não. Nesse sentido, a utilização de modelos de computador que integram a simulação do crescimento e da produtividade da cultura com aspectos econômicos constitui uma poderosa ferramenta de auxílio à decisão.

Tabela 14.1. Produtividade da cultura do milho sob irrigação e com estresse hídrico aplicado na época do florescimento. Janaúba, MG, 2000.

Material de milho	Com estresse no florescimento (kg ha ⁻¹)	Sem estresse (kg ha ⁻¹)	Redução na produtividade (%)
1	1.020	6.403	84
5	1.027	6.167	83
9	2.113	9.170	77
12	2.550	7.980	68
7	3.697	9.407	61
13	2.467	6.060	59
4	2.960	7.087	58
2	2.970	6.903	57
19	830	1.923	57
6	2.400	5.437	56
3	2.047	4.493	54
16	3.830	8.077	53
18	3.810	7.363	48
15	3.200	6.173	48
11	4.160	7.587	45
8	4.670	8.480	45
17	3.820	6.933	45
10	4.077	7.013	42
14	3.523	5.663	38
20	4.180	6.560	36
BRS 3101	2.987	8.190	64
P 3041	4.447	8.523	48

14.1.5 Fonte de água

Determinada a necessidade de se irrigar a cultura, há que se analisar as fontes de água, para verificar se são capazes de suprir as necessidades hídricas da cultura com água de boa qualidade.

As principais fontes de água para irrigação são rios, lagos ou reservatórios, canais ou tubulações comunitárias e poços profundos. Vários fatores devem ser considerados na análise da adaptabilidade da fonte para irrigação, entre os quais a distância da fonte ao campo, a altura em que a água deve ser bombeada, o volume de água disponível, a vazão da fonte no período de demanda de pico da cultura e a qualidade da água. O volume de água disponível deve atender a necessidade sazonal de água da cultura e a vazão da fonte deve suprir a demanda durante todo o ciclo, principalmente durante o período de pico de consumo.

A qualidade da água, em termos de sais, poluentes e materiais sólidos, deve ser analisada. As culturas têm limite de tolerância quanto à concentração de sais na água. Poluentes podem contaminar os alimentos e os materiais sólidos podem causar problemas em bombas, filtros e emissores.

Atenção especial deve ser dada às leis de uso da água em vigor no país. Os usuários são obrigados a requerer outorga para uso da água junto às agências de controle estaduais. Além do mais, como o recurso água está a cada dia mais escasso, há tendência de aumentar os conflitos entre os usuários. O direito de uso da água de um usuário localizado a jusante do ponto onde se tenciona captar a água para a irrigação deve ser preservado, em termos de volume, vazão da fonte e qualidade da água.

Se a decisão, baseada nas informações descritas anteriormente, é favorável à irrigação, então o próximo passo é a seleção do método e do sistema de irrigação. Inicialmente, há que se conhecer os diversos métodos e sistemas de irrigação disponíveis atualmente.

14.2 Manejo de irrigação

O milho é considerado uma cultura que demanda muita água, mas também é uma das mais eficientes no seu uso, isto é, produz grande quantidade de matéria seca por unidade de água absorvida. Cultivares de milho de ciclo médio, cultivadas para a produção de grãos secos, consomem de 400 a 700 mm de água em seu ciclo completo, dependendo das condições climáticas. O período de máxima exigência é na fase do embonecamento ou um pouco depois dele. Por isso, déficits de água que ocorrem nesse período são os que provocam maiores reduções de produtividade. Déficit anterior ao embonecamento reduz a produtividade em 20 a 30%; no embonecamento, em 40 a 50% e após em 10 a 20%. A extensão do período de déficit também é importante.

A irrigação para a cultura do milho pode ser viável economicamente quando o fator limitante é a água e/ou o preço de venda do produto é favorável, o que possibilita a minimização de risco e estabilidade no rendimento (FANCELLI e DOURADO NETO, 2000).

No caso de o fator limitante ser a água, deve-se levar em consideração a evapotranspiração da cultura (ETc), a chuva (altura, intensidade, distribuição e probabilidade de ocorrência), o rendimento esperado (agricultura irrigada ou de sequeiro) e a água total disponível (ATD) no solo por unidade de profundidade efetiva do sistema radicular (Z).

O manejo da irrigação da cultura do milho consiste em estabelecer o momento correto de aplicar água e a sua respectiva lâmina (quando e quanto aplicar). Vários critérios podem ser adotados para o manejo da irrigação. Aqui serão discutidos os mais comuns e que são de maior uso prático nas condições atuais.

14.2.1 Alguns conceitos necessários para programar a irrigação

Evapotranspiração da cultura (Etc) - A água necessária a uma cultura é equivalente à sua evapotranspiração (ETc), que é a combinação de dois processos (Evaporação da água do solo + Transpiração das plantas). Daí a necessidade hídrica de uma cultura ser baseada em sua evapotranspiração potencial ou máxima (ETm) e expressa, normalmente, em milímetros por dia (mm dia^{-1}). Em situação prática, a ETc é relacionada à evapotranspiração de uma cultura de referência (ETo), que é uma cultura hipotética, semelhante à grama, com uma altura uniforme de 12 cm, resistência do dossel da cultura de 70 s m^{-1} e albedo de 0,23, em pleno crescimento, sem deficiência de água e sem sofrer danos por pragas ou doenças, de modo a simplificar o processo de estimar a ETc. Então, a ETc pode ser obtida pela equação:

$$ET_c = K_c \times ET_o \quad (1)$$

em que:

ETc = evapotranspiração da cultura do milho (mm dia^{-1});

Kc = coeficiente da cultura do milho (adimensional);

ETo = evapotranspiração da cultura de referência (mm dia^{-1}).

Com base nos dados meteorológicos disponíveis, seleciona-se um método para o cálculo da ETo. Na literatura especializada, encontra-se a descrição de alguns métodos para estimar a ETo. Mais recentemente, tem sido recomendada pela FAO a equação de Penman-Monteith. Também muito utilizado é o tanque de evaporação Classe A.

Coefficiente de cultura (kc) do milho - Os valores do Coeficiente de Cultura (K_c) do milho são influenciados pelas características da variedade ou da cultivar empregada, pela época de semeadura, pelo estágio de desenvolvimento da cultura e pelas condições gerais de clima. O milho, por ser uma cultura de ciclo curto ou anual, pode ter o seu estágio de desenvolvimento dividido em quatro fases, para efeito do estudo da evolução dos valores de K_c ao longo do tempo.

A evolução dos valores de K_c do milho com o tempo pode ser visualizada de acordo com o gráfico apresentado na Figura 14.5.

Segundo dados adaptados de Allen et al. (1998), para diversas regiões do mundo, a duração do ciclo fenológico do milho para produção de grãos varia de 120 a 180 dias, cujas fases 1, 2, 3 e 4 correspondem a 17%, 28%, 33% e 22%, respectivamente, do ciclo total.

De acordo com a Figura 14.5, o valor de K_c na fase 1 (K_{c1}) é constante e é influenciado significativamente pela frequência de irrigação nessa fase. Também o valor de K_{c3} é constante, sendo mais influenciado pela demanda evaporativa predominante. Os valores assumidos para as fases 2 e 4 variam linearmente entre os valores das fases 1 e 3 e das fases 3 e 5, respectivamente, como está apresentado na Figura 14.5.

Usando-se uma cultura de milho numa altura padrão de 2 m, para a fase 3, obtém-se a Tabela 14.2, com os valores dos coeficientes de cultura para as fases do ciclo, segundo a demanda evaporativa dominante.

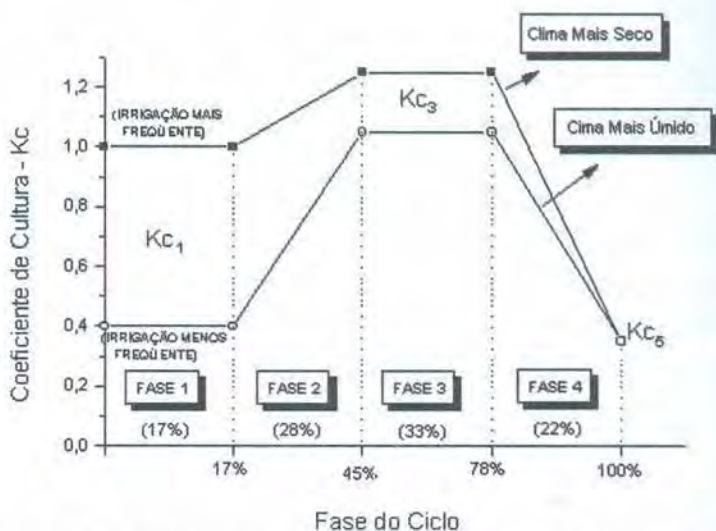


Figura 14.5. Valores de Kc para milho, nas diferentes fases do ciclo e condições climáticas.

Água disponível no solo - Além de outras importantes funções que o solo desempenha no sistema agrícola, é também o "reservatório" de água para as plantas. A água total disponível (ATD) no solo, que pode ser absorvida pela planta, é definida como a água contida no solo que está entre a umidade da capacidade de campo (CC - ou limite superior da água disponível) e a umidade do ponto de murcha permanente (PMP - ou limite inferior da água disponível). Verificou-se que, na maioria dos solos e na maioria das situações, o solo se encontra na CC quando o potencial matricial da água (Ψ_m) contida nele oscilar na faixa entre -10 kPa (solos arenosos e latossolos em geral) e -30 kPa (solos argilosos). Também foi verificado que o valor desse potencial para o PMP é de -1500 kPa. Em laboratório, tanto CC quanto PMP podem ser determinados com o mesmo equipamento utilizado para determinar a curva de retenção.

14.2.2 Alguns critérios de manejo de irrigação

(A) *Critério baseado no uso das características físico-hídricas do solo e na estimativa da evapotranspiração da cultura (ET_c)*

O Intervalo de irrigação (TI), às vezes chamado de turno de irrigação, é normalmente variável de acordo com a variabilidade temporal da evapotranspiração da cultura (ET_c). Entretanto, o critério de manejo de irrigação com o TI variável, apesar de ser o ideal, muitas vezes torna-se de difícil operacionalidade em condição prática.

Na adoção de um TI fixo, parte-se do pressuposto de que a ET_c diária possui um valor constante, que pode ser obtido pela média diária prevista para todo o período de desenvolvimento da cultura ou pelo valor crítico estabelecido no dimensionamento do sistema de irrigação, mas são valores que não retratam o dia-a-dia da ET_c da cultura no campo. Recomenda-se adotar o TI fixo para cada uma das 4 fases relatadas na seleção do coeficiente de cultura (K_c) e considerar a ET_c média diária em cada fase.

Esse critério normalmente é empregado quando se trabalha com dados históricos (de, no mínimo, 15 anos) da evapotranspiração de referência (E_{to}) para o local do cultivo.

Dessa forma, o intervalo de irrigação (TI) e a lâmina líquida (LL) a serem determinados, para cada uma das quatro fases do ciclo do milho, são dados por:

$$TI_i = \frac{Arm_i}{ET_{c_i}} \quad (2)$$

$$LL_i = TI_i \times ET_{c_i} \quad (3)$$

em que:

i = índice correspondente à fase (Figura 14.5) do ciclo da cultura do milho ($i = 1, 2, 3$ ou 4);

T_{li} = turno de irrigação na fase i , em dias;

Ar_{mi} = lâmina de água armazenada no solo na fase i , que será usada como suprimento para a cultura (mm);

ET_{ci} = evapotranspiração da cultura média diária na fase i , em $mm\ dia^{-1}$;

Tabela 14.2. Valores do coeficiente de cultura (K_c) para as fases do ciclo de desenvolvimento do milho, considerando uma altura padrão de 2 m na fase 3, de acordo com a demanda evaporativa dominante (segundo metodologia de Allen et al., 1998, adaptada por Albuquerque e Andrade, 2001).

Demanda evaporativa dominante*	Tl^{**} na fase l (dias)	K_{c1}	K_{c2}	K_{c3}	K_{c4}	K_{c5}
Baixa $ET_0 = 2,5\ mm\ dia^{-1}$	1	1,10	1,10 a 1,14			
	2	1,03	1,03 a 1,14			
	3	0,95	0,95 a 1,14			
	4	0,88	0,88 a 1,14	1,14	1,14 a 0,35	0,35
	5	0,80	0,80 a 1,14			
	6	0,73	0,73 a 1,14			
Moderada $2,5 < ET_0 = 5,0$	1	1,00	1,00 a 1,23			
	2	0,91	0,91 a 1,23			
	3	0,83	0,83 a 1,23			
	4	0,75	0,75 a 1,23	1,23	1,23 a 0,35	0,35
	5	0,66	0,66 a 1,23			
	6	0,58	0,58 a 1,23			
Alta $5,0 < ET_0 = 7,5$	1	0,87	0,87 a 1,29			
	2	0,78	0,78 a 1,29			
	3	0,70	0,70 a 1,29			
	4	0,62	0,62 a 1,29	1,29	1,29 a 0,35	0,35
	5	0,53	0,53 a 1,29			
	6	0,45	0,45 a 1,29			
Muito alta $ET_0 > 7,5\ mm\ dia^{-1}$	1	0,82	0,82 a 1,36			
	2	0,73	0,73 a 1,36			
	3	0,65	0,65 a 1,36			
	4	0,57	0,57 a 1,36	1,36	1,36 a 0,35	0,35
	5	0,48	0,48 a 1,36			
	6	0,40	0,40 a 1,36			

*Segundo as faixas da evapotranspiração de referência (ET_0)

** Turno de irrigação

LLi = lâmina líquida de irrigação na fase i, em mm.

A lâmina de água que fica armazenada no solo (Arm) e que pode se tornar disponível à planta é representada pela equação:

$$Arm = \frac{(CC - PMP)}{10} \times f \times d \times Z \quad (4)$$

em que:

Arm = lâmina de água armazenada no solo que será usada como suprimento para a cultura (mm);

CC = umidade do solo na capacidade de campo (% peso);

PMP = umidade do solo no ponto de murcha permanente (% peso);

d = densidade (global) do solo (g cm^{-3});

10 = constante necessária para conversão de unidades.

f = coeficiente de depleção da água no solo (adimensional, $0 < f < 1$);

Z = profundidade efetiva do sistema radicular (cm - para o milho, $Z_0 \leq Z \leq 40$ a 50 cm, sendo Z_0 a profundidade de semeadura, conforme a Figura 14. 6).

O coeficiente f estabelece o limite da umidade no solo em que não haverá perda de rendimento da cultura proveniente da demanda evaporativa. Assim, maior demanda evaporativa normalmente exigirá menores valores de f e vice-versa. Para as condições de demanda evaporativa constantes na Tabela 14.2, os valo-

res de f podem ser de 0,75; 0,60; 0,50 e 0,40 para baixa, moderada, alta e muito alta demanda, respectivamente.

A profundidade efetiva do sistema radicular (Z), para o milho, pode ser considerada entre 40 e 50 cm. Entretanto, dependendo das circunstâncias, impedimentos no solo de ordem física e/ou química podem alterar esses valores, de modo que é preferível que se realize teste em campo para que se encontre o valor mais compatível com a realidade local. Na fase inicial, o sistema radicular vai-se desenvolvendo a partir da profundidade de semeadura, até atingir o seu pleno desenvolvimento, que deve ocorrer no término da fase 2. Pode ser considerado que o seu desenvolvimento é linear a partir da profundidade de semeadura, até atingir a fase 3, como está representado na Figura 14.6.

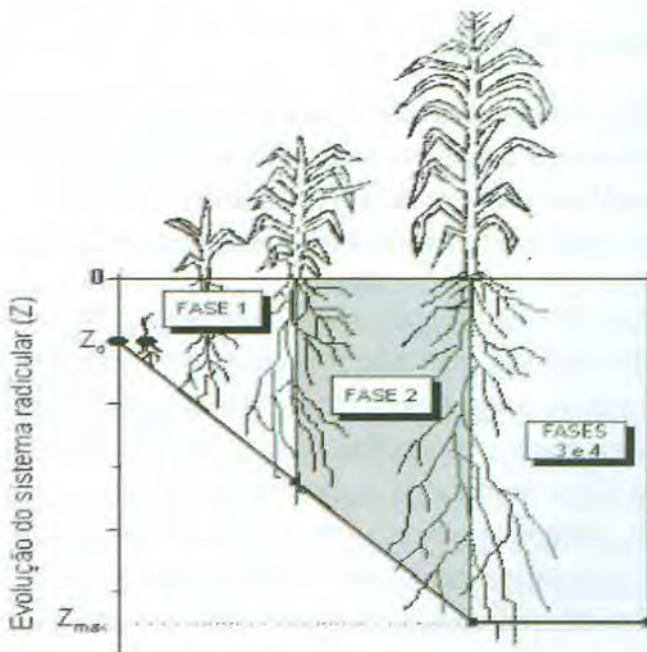


Figura 14.6. Ilustração do desenvolvimento do sistema radicular (Z) do milho

Geralmente, no cálculo do TI, pela equação 2, é muito comum a não obtenção de número inteiro, ou seja, o TI com fração de dias. O que se faz comumente é o arredondamento para o próximo valor inteiro inferior, de modo que o coeficiente de depleção (f) fique ajustado para um valor menor que o originalmente adotado. Isso se faz por medida de segurança para não submeter a cultura a algum tipo de estresse hídrico. Entretanto, quando o seu valor na casa decimal for superior a oito décimos ($> 0,8$), não é problema o seu arredondamento para o próximo superior, desde que se analise o que ocorre com o valor de f . Desse modo, haverá a necessidade de corrigir a LL obtida pela equação 3 em função do TI corrigido, com a conseqüente mudança também do valor de f .

(B) Critério baseado em sensores para monitoramento do potencial ou da umidade do solo

Os equipamentos que possuem sensores que monitoram o potencial matricial (tensiômetros e blocos de resistência elétrica) e o conteúdo de água no solo (TDR e sonda de nêutrons) podem ser empregados também para se fazer o manejo de irrigação.

O tensiômetro funciona adequadamente na faixa de potencial de 0 a -80 kPa, mas isso não representa grande problema, porque a maior parte da água facilmente disponível dos solos usados em agricultura está retida dentro dessa faixa de potencial. Quando há necessidade de se extrapolar essa faixa (potenciais < -80 kPa), podem-se empregar os blocos de resistência elétrica, mas há necessidade da calibração desses para cada tipo de solo. Em ambos os casos, haverá a necessidade também da obtenção da curva de retenção do solo, ou pelo menos das umidades da capacidade de campo (CC), do ponto de murcha permanente (PMP) e do potencial de referência para se fazer a irrigação (ψ_{ir}).

Para o caso do milho, o potencial de referência para se efetuar a irrigação (Ψ_{ir}) é variável de acordo com o clima local e a época de plantio. Porém, de modo geral, para a garantia de plantas sem estresse hídrico, pode-se considerar o Ψ_{ir} em torno de -70 kPa. Cada caso deve ser estudado em suas condições peculiares. Estudos de Resende et al. (2000) indicam o potencial de -70 kPa, em condições de verão, nos Cerrados, e em qualquer época, no Semi-árido, e de -300 kPa, no inverno, nos Cerrados.

As medições do potencial ou da umidade devem ser feitas em pelo menos três a quatro pontos representativos da área e, no mínimo, a duas profundidades (Figura 14.7), uma zona de máxima atividade radicular (ponto A - que corresponde aproximadamente na região mediana da profundidade efetiva do sistema radicular para a cultura em seu máximo desenvolvimento) e outra nas proximidades da parte inferior da zona radicular (ponto B).

No caso do milho, o que pode ser considerado, quando só se dispuser de equipamento para monitorar o potencial ou a umidade do solo, é que se realizem irrigações freqüentes (1 ou 2 dias) até os 15 dias após a semeadura (DAS) e de 15 a 30 DAS se instalem os sensores a 10 cm (ponto A) e 20 cm de profundidade (ponto B). Após os 30 DAS, os sensores nos pontos são aprofundados para 20 cm (ponto A) e 40 cm (ponto B) (Figura 14.7). As medições no ponto A são as que devem ser utilizadas para o critério do momento da irrigação e as no ponto B servem como complementares, para que se tenha um controle sobre o movimento da água no solo durante a extração de água pela cultura e mesmo durante os processos de irrigação (infiltração) e redistribuição da água no perfil.

Controlando-se a irrigação através desses sensores instalados no solo, o momento de irrigar fica completamente independente do estabelecimento prévio de turnos de irrigação. Contudo, deve-se acompanhar o desenvolvimento do sistema radicular para determinar a zona ativa das raízes (Z_i) e considerar a leitura do potencial ou da umidade feita no ponto médio dessa profundidade como a indicadora de quando irrigar.

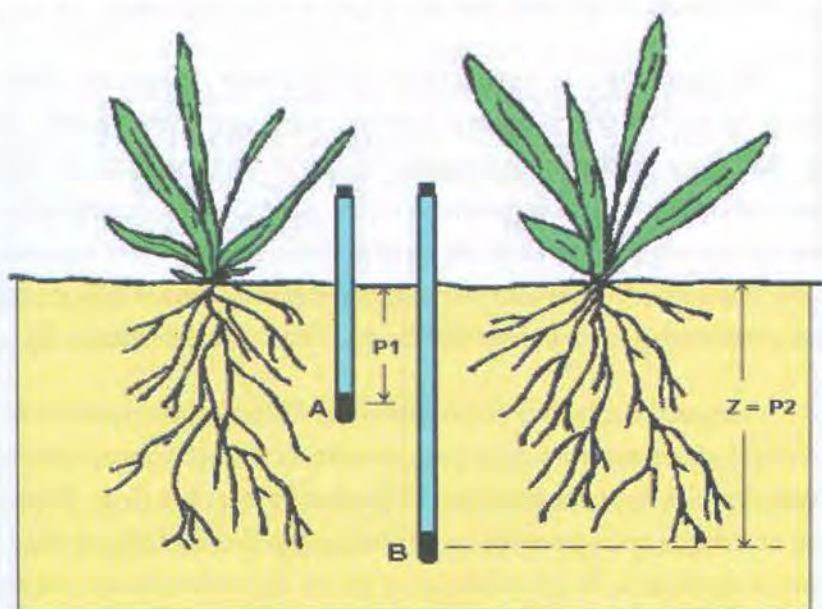


Figura 14.7. Esquema ilustrativo para colocação de sensores de umidade na zona radicular.

Usando-se esse método como manejo de irrigação, a lâmina líquida de irrigação por fase da cultura (LL_i) é dada por:

$$LL_i = \frac{(CC - U_r)}{10} \times d \times Z_i \quad (5)$$

em que:

LL_i = lâmina líquida de irrigação na fase i , em mm;

CC = umidade do solo na capacidade de campo, em % peso;

Uir = umidade do solo no ponto A correspondente ao potencial referente ao momento de se efetuar a irrigação ($\psi_{ir} = -70\text{kPa}$), em % peso;

d = densidade do solo, em g cm^{-3} ;

Zi = profundidade efetiva do sistema radicular na fase i, em cm.

I0 = constante necessária para conversão de unidades.

Observa-se que o coeficiente de depleção (f) não aparece explícito na equação 5 porque esse fator está implícito ao se estabelecer um limite mínimo de umidade de solo para reinício da irrigação (Uir). No entanto, quando se utilizam instrumentos que medem apenas o potencial matricial (como o tensiômetro), é necessário converter o valor de ψ_{ir} em Uir através da curva de retenção do solo.

(C) Critério conjunto com sensores de solo e com algum método de medir ou estimar a evapotranspiração de referência (ET_o)

Esse critério oferece a vantagem de se poder programar a irrigação sem conhecimento prévio das características físico-hídricas do solo, como, por exemplo, a sua curva de retenção e do clima. O sensor de potencial ou de umidade do solo indicará o momento de irrigar, conhecendo-se antecipadamente o limite mínimo do potencial (ψ_{ir}) ou do conteúdo de água (Uir) no solo, a partir do qual se realizará a irrigação. Por exemplo, como já visto para o milho, o valor de ψ_{ir} pode ser de -70 kPa lido num tensiômetro. A lâmina líquida de irrigação é determinada pelo somatório da evapotranspiração da cultura acumulada desde a última irrigação realizada, conforme a equação:

$$LL = \sum_{j=1}^n (K_{c_i} \times ET_{o_j}) \quad (6)$$

em que:

LL = lâmina líquida de irrigação (mm);

i = índice correspondente à fase do ciclo do milho (i = 1, 2, 3 ou 4);

j = índice correspondente ao dia da coleta do dado da ET_o;

n = número máximo de dias de coleta dos dados de ET_o até que o potencial (ψ_{ir}) ou umidade de irrigação (U_{ir}) seja atingido;

K_{ci} = coeficiente de cultura na fase i;

ET_{oj} = evapotranspiração de referência no dia j.

Esse critério de manejo se adapta bem quando se utiliza o tensiômetro para estabelecer o momento da irrigação e o tanque classe A para a estimativa da ET_o diária, havendo, nesse caso, a necessidade de multiplicar a evaporação da água do tanque (ECA) por um coeficiente de tanque (K_t) conforme tabela mostrada por Albuquerque e Andrade (2001).

14.2.3 Irrigação no dia do plantio e nos dias próximos subseqüentes

É recomendável que a irrigação no dia do plantio ou da semeadura se faça de modo a umedecer uma profundidade de solo preestabelecida até a capacidade de campo. Essa camada de solo a considerar deverá ser de, no mínimo, a profundidade máxima efetiva do sistema radicular anteriormente discutida.

Assim, a equação para calcular a lâmina líquida de plantio é semelhante à equação 5 e é escrita da seguinte forma:

(7)

em que:
$$LL(\text{plantio}) = \frac{(CC - U_{in})}{10} \times d \times Prof$$

LL = lâmina líquida de irrigação a ser aplicada no dia do plantio, em mm;

CC = umidade do solo na capacidade de campo, em %peso;

U_{in} = umidade inicial do solo, ou seja, no dia do plantio, em %peso;

d = densidade do solo, em g cm⁻³;

Prof = profundidade do solo que se deseja umedecer até a capacidade de campo (CC), em cm. Recomenda-se que Prof = profundidade efetiva máxima do sistema radicular (Z);

10 = constante necessária para conversão de unidades.

A umidade inicial (U_{in}) pode ser determinada pelo método gravimétrico, através de amostra retirada do local até a profundidade (Prof). Dependendo da condição climática como, por exemplo, após um período de seca prolongado, o seu valor poderá até ser menor do que o ponto de murcha permanente (PMP).

Logo após o plantio, a semente necessitará de umidade no solo para iniciar o processo de germinação ou de desenvolvimento. A reserva de água no solo, necessária à germinação, limita-se à profundidade de semeadura (Z_o) e um pouco além dela. Portanto, é de fundamental importância manter o solo sempre úmido nesse período de pré-emergência. A grande perda de água pelo

solo nesse período é devido à evaporação pela sua superfície.

14.2.4 Lâmina bruta de irrigação (LB)

A lâmina bruta de irrigação (LB) é baseada na lâmina líquida de irrigação (LL), na eficiência do sistema e na necessidade de lâminas extras de lixiviação para o caso de controle de salinização em áreas propícias. Desse modo, a LB é dada por:

$$LB = \frac{LL}{Ef} + L_r \quad (8)$$

em que:

LB = lâmina bruta de irrigação, em mm;

LL = lâmina líquida de irrigação, em mm;

L_r = lâmina complementar necessária para lavagem do solo, em situação propícia à salinização do solo, em mm;

Ef = eficiência de irrigação, em decimal.

A eficiência (Ef) representa a porcentagem da água total aplicada à cultura que é benéficamente utilizada para o uso consuntivo da cultura. Ef é basicamente uma função da uniformidade de aplicação, mas também depende de perdas menores (escoamento superficial, vazamentos, fluxos na rede e drenagem), perdas inevitáveis (percolação profunda, devido ao padrão de molhamento no solo e chuva fora de época) e perdas evitáveis (resultantes de programação inadequada).

Em regiões úmidas, que possuem um período de chuvas

regulares, que promovem a lavagem do solo, é desnecessário o uso da Lr. Entretanto, em regiões de chuvas escassas, como em locais áridos e semi-áridos, há necessidade de se considerar esse termo no cálculo da LB.

Os valores da eficiência são obtidos em função da uniformidade de aplicação que o sistema de irrigação empregado pode fornecer. Por isso, há a importância de se realizar testes de uniformidade de aplicação de água nos diversos sistemas de irrigação existentes.

14.2.5 Consumo total de água da cultura do milho

O consumo total de água da cultura do milho varia em função das condições climáticas e da cultivar utilizada. Para a ocorrência de uma condição ideal de evapotranspiração máxima, ou seja, as plantas sem sofrer estresse hídrico, os valores aproximados do consumo de água pela cultura, por fase do ciclo fenológico (conforme a Figura 14.5), estão apresentados na Tabela 14.3, em função de demandas evaporativas baixa, moderada, alta e muito alta.

14.2.6 Recursos de informática

Para a programação da irrigação da cultura do milho, há alguns recursos disponíveis na área da informática, como planilhas eletrônicas (ALBUQUERQUE e ANDRADE, 2001; ALBUQUERQUE, 2003) e o software IrrigaFácil (COELHO et al., 2005) que predizem as datas e as lâminas de irrigação, mesmo numa situação de ocorrência de chuvas.

Tabela 14.3. Valores aproximados do consumo de água pela cultura do milho, por fase do ciclo fenológico e total, em função da demanda evaporativa (valores previstos para consumo total e adaptados de Allen et al. (1998) para consumo por fase, segundo a demanda evaporativa).

<i>Consumo (mm)</i>					
<i>Demanda evaporativa*</i>	<i>Fase 1**</i>	<i>Fase 2</i>	<i>Fase 3</i>	<i>Fase 4</i>	<i>Total</i>
<i>Baixa</i>	75	140	185	80	480
<i>Moderada</i>	70	150	215	85	530
<i>Alta</i>	65	160	255	110	590
<i>Muito alta</i>	65	175	280	120	640

*Demanda evaporativa conforme a Tabela 14.1.

**Fases do ciclo fenológico como mostradas na Figura 14.5.

14.3 Referências

ALBUQUERQUE, P. E. P.; ANDRADE, C. L. T. **Planilha eletrônica para a programação da irrigação de culturas anuais.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2001. 14 p. (Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica, 10).

ALBUQUERQUE, P. E. P. de. **Planilha eletrônica para a programação de irrigação em pivôs centrais.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 9p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 25).

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements.** Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

COELHO, E. A.; RESENDE, M.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; FARIA, C. M.; VIANELLO, R. L. IRRIGA FACIL - Um software para manejo da irrigação utilizando valores de evapotranspiração de referência (ET_o) ajustados e preditos. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 15.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE USO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA AGRICULTURA IRRIGADA, 2005, Teresina. **Anais...** Teresina: ABID; Governo do Estado do Piauí; Embrapa Meio Norte; DNOCS; CODEVASF, 2005. CD-ROM. ABID 2005.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho.** Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

Capítulo 15

Métodos de Irrigação e Quimigação

Camilo de Lelis Teixeira de Andrade
Ricardo Augusto Lopes Brito

15.1 Métodos de irrigação

O interesse pela irrigação, no Brasil, emerge nas mais variadas condições de clima, solo, cultura e socioeconomia. Não existe um sistema de irrigação ideal, capaz de atender satisfatoriamente a todas essas condições e aos interesses envolvidos. Em conseqüência, deve-se selecionar o sistema de irrigação mais adequado para uma certa condição e para atender aos objetivos desejados. O processo de seleção requer análise detalhada das condições apresentadas (cultura, solo e topografia), em função das exigências de cada sistema de irrigação, de forma a permitir a identificação das melhores alternativas.

Com a expansão rápida da agricultura irrigada, no Brasil, muitos problemas têm surgido, em conseqüência do desconhecimento das diversas alternativas de sistemas de irrigação, conduzindo a uma seleção inadequada do melhor sistema para uma determinada condição. Esse problema tem causado o insucesso de muitos empreendimentos, com conseqüente frustração de agricultores com a irrigação e, muitas vezes, degradação dos recursos naturais.

15.1.1 Principais métodos e sistemas de irrigação

Método de irrigação é a forma pela qual a água pode ser aplicada às culturas. Basicamente, são quatro os métodos de irrigação: superfície, aspersão, localizada e subirrigação. Para cada método, há dois ou mais sistemas de irrigação, que podem ser empregados. A razão pela qual há muitos tipos de sistemas de irrigação é a grande variação de solo, clima, culturas, disponibilidade de energia e condições socioeconômicas para as quais o sistema de irrigação deve ser adaptado. Uma abordagem detalhada dos métodos e sistemas de irrigação e suas adaptabilidades às mais

diversas condições de clima, solo e culturas pode ser encontrada em Andrade (2001). Neste capítulo, serão comentados apenas os métodos e sistemas mais apropriados para a cultura do milho.

15.1.1.1 Irrigação por superfície

No método de irrigação por superfície (Figura 15.1), a distribuição da água se dá por gravidade através da superfície do solo. As principais vantagens do método de superfície são: 1) menor custo fixo e operacional; 2) requer equipamentos simples; 3) não sofre efeito de vento; 4) menor consumo de energia quando comparado com aspersão; 5) não interfere nos tratos culturais; 6) permite a utilização de água com sólidos em suspensão. As principais limitações são: 1) dependência de condições topográficas; 2) requer sistematização do terreno; 3) o dimensionamento envolve ensaios de campo 4) o manejo das irrigações é mais complexo; 5) requer freqüentes reavaliações de campo, para assegurar bom desempenho; 6) se mal planejado e mal manejado, pode apresentar baixa eficiência de distribuição de água; 7) desperta pequeno interesse comercial, em função de utilizar poucos equipamentos.

Para a cultura do milho, o sistema de irrigação por superfície mais apropriado é o de sulcos, os quais são localizados entre as fileiras de plantas, podendo ser um sulco para cada fileira ou um sulco para duas fileiras (Figura 15.2). Nos terrenos com declividade de até 0,1%, os sulcos podem ser em nível ou com pequena declividade. Para declividades de até 15%, os sulcos podem ser construídos em contorno ou em declive, o que permite lances de sulcos com comprimento maior.



Figura 15.1. Irrigação por superfície (fonte: ERS-USDA).



Figura 15.2. Irrigação superficial, com um sulco por fileira.

15.1.1.2 Irrigação por aspersão

No método de aspersão, jatos de água lançados ao ar caem sobre a cultura, na forma de chuva (Figura 15.3). As principais vantagens dos sistemas de irrigação por aspersão são: 1) facilidade de adaptação às diversas condições de solo e topografia; 2) apresenta potencialmente maior eficiência de distribuição de água, quando comparado com o método de superfície; 3) pode ser to-

talmente automatizado; 4) pode ser transportado para outras áreas; 5) as tubulações podem ser desmontadas e removidas da área, o que facilita o tráfego de máquinas. As principais limitações são: 1) os custos de instalação e operação são mais elevados que os do método por superfície; 2) pode sofrer influência das condições climáticas, como vento e umidade relativa; 3) a irrigação com água salina, ou sujeita a precipitação de sedimentos, pode reduzir a vida útil do equipamento e causar danos a algumas culturas; 4) pode favorecer o aparecimento de doenças em algumas culturas e interferir com tratamentos fitossanitários; 5) pode favorecer a disseminação de doenças cujo veículo é a água.

Os sistemas de irrigação por aspersão mais usados são apresentados e discutidos a seguir.



Figura 15.3. Irrigação por aspersão.

15.1.1.2.1 Aspersão convencional

Podem ser fixos, semifixos ou portáteis. Nos sistemas fixos, tanto as linhas principais quanto as laterais permanecem na mes-

ma posição durante a irrigação de toda a área. Em alguns sistemas fixos, as tubulações são permanentemente enterradas.

Nos sistemas semifixos, as linhas principais são fixas (geralmente enterradas) e as linhas laterais são movidas, de posição em posição, ao longo das linhas principais. Nos sistemas portáteis, tanto as linhas principais quanto as laterais são móveis (Figura 15.4).



Figura 15.4 . Sistema de aspersão portátil com laterais móveis.

Os sistemas semifixos e portáteis requerem mão-de-obra para mudança das linhas laterais. São recomendados para áreas pequenas, geralmente com disponibilidade de mão-de-obra familiar. Todavia, é possível utilizar minicanhões no lugar dos aspersores, o que permite a irrigação de áreas maiores, em condições de pouco vento e quando a uniformidade da irrigação não é crucial.

15.1.1.2.2 Autopropelido

Um único canhão ou minicanhão é montado num carrinho, que se desloca longitudinalmente ao longo da área a ser irrigada. A conexão do carrinho aos hidrantes da linha principal é feita por

mangueira flexível. A propulsão do carrinho é proporcionada pela própria pressão da água (Figura 15.5).



Figura 15.5. Sistema de irrigação autopropelido.

É o sistema que mais consome energia e é bastante afetado por vento, podendo apresentar grande desuniformidade na distribuição da água. Produz gotas de água grandes que, em alguns casos, podem causar problemas de encrostamento da superfície do solo. Existe também o risco de as gotas grandes promoverem a queda de flores e pólen de algumas culturas. Presta-se para irrigação de áreas retangulares de até 70 ha, com culturas e situações que podem tolerar menor uniformidade da irrigação.

15.1.1.2.3 Pivô central

Consiste de uma única lateral, que gira em torno do centro de um círculo (pivô). Segmentos da linha lateral metálica são suportados por torres em formato de "A" e conectados entre si por juntas flexíveis. Um pequeno motor elétrico, colocado em cada torre, permite o acionamento independente dessas (Figura 15.6).

O suprimento de água é feito através do ponto pivô, reque-rendo que a água seja conduzida até o centro por adutora enter-rada ou que a fonte de água esteja no centro da área. Pivôs po-dem ser empregados para irrigar áreas de até 117 ha. O ideal, todavia, é que a área não ultrapasse 50 a 70 ha, embora o custo por unidade de área tenda a reduzir à medida em que aumenta a área. Quanto a limitações de topografia, alguns autores afirmam que, para vãos entre torres de até 30 metros, declividades de até 30% na direção radial podem ser toleradas, enquanto outros au-tores indicam que essa declividade máxima só pode ser tolerada na direção tangencial (ao longo dos círculos). Pivôs centrais com laterais muito longas, quando não corretamente dimensionados em função da taxa de infiltração da água no solo, podem apresen-tar sérios problemas de erosão no final da lateral, devido à alta taxa de aplicação de água necessária nessa área. Podem também apresentar problemas de "selamento" (impermeabilização) da su-perfície, em função da textura do solo. São sistemas que permi-tem alto grau de automação.

15.1.1.2.4 Deslocamento linear

A lateral tem estrutura e mecanismo de deslocamento simi-lar à do pivô central, mas desloca-se continuamente, em posição transversal e na direção longitudinal da área. Todas as torres des-locam-se com a mesma velocidade. O suprimento de água é feito através de canal ou linha principal, dispostos no centro ou na ex-tremidade da área (Figura 15.7). A água é succionada diretamente do canal ou mangueiras são empregadas para conectar hidrantes da linha principal à linha lateral. A bomba desloca-se junto com toda a lateral, o que requer conexões elétricas mais complicadas ou a utilização de motores de combustão interna. É recomenda-do para áreas retangulares planas e sem obstrução.



Figura 15.6. Sistema pivô central (Fonte: Walfrido Machado, Emater-MG).

15.1.1.2.5 Lepa

São sistemas tipo pivô central ou deslocamento linear, equipados com um mecanismo de aplicação de água mais eficiente. No Lepa ("low energy precision application"), as laterais são dotadas de muitos tubos de descida, onde são conectados bocais que operam com pressão muito baixa. A água é aplicada diretamente na superfície do solo, o que reduz as perdas por evaporação e evita o molhamento das plantas (Figura 15.8) O solo deve ter alta taxa de infiltração ou ser preparado com sulcos e microdepressões.

15.1.1.3 Irrigação localizada

No método da irrigação localizada a água é, em geral, aplicada em apenas uma fração do sistema radicular das plantas, empregando-se emissores pontuais (gotejadores), lineares (tubo po-

roso ou "tripa") ou superficiais (microaspersores). A proporção da área molhada varia de 20 a 80% da área total, o que pode resultar em economia de água. O teor de umidade do solo pode ser mantido alto, através de irrigações frequentes e em pequenas quantidades, beneficiando culturas que respondem a essa condição, como é o caso da produção de milho verde. O custo inicial é relativamente alto, tanto mais alto quanto menor for o espaçamento entre linhas laterais, sendo recomendado para situações especiais como pesquisa, produção de sementes e de milho verde. É um método que permite automação total, o que requer menor emprego de mão-de-obra na operação. Os principais sistemas de irrigação localizada são o gotejamento, a microaspersão e o gotejamento subsuperficial. A seguir, apresentam-se os sistemas mais usados.



Figura 15.7. Sistema de irrigação por deslocamento linear (fonte: FOCKINK).



Figura 15.8. Sistema de irrigação do tipo Leph (fonte: ARS-USDA).

15.1.1.3.1. Gotejamento

No sistema de gotejamento, a água é aplicada de forma pontual na superfície do solo (Figura 15.9). Os gotejadores podem ser instalados sobre a linha, na linha, numa extensão da linha, ou ser manufaturados junto com o tubo da linha lateral, formando o que popularmente denomina-se "tripa". A vazão dos gotejadores é inferior a 12 L h^{-1} .

A grande vantagem do sistema de gotejamento, quando comparado com o de aspersão, é que a água, aplicada na superfície do solo, não molha a folhagem ou o colmo das plantas. Comparado com o sistema subsuperficial, as vantagens são a facilidade de instalação, inspeção, limpeza e reposição, além da possibilidade de medição da vazão de emissores e avaliação da área molhada. As maiores desvantagens são os entupimentos, que requerem excelente filtragem da água e a interferência nas práticas culturais quando as laterais não são enterradas.



Figura 15.9. Sistema de irrigação por gotejamento.

15.1.1.3.2 Subsuperficial

Atualmente, as linhas laterais de gotejadores ou tubos porosos estão sendo enterrados, de forma a permitir a aplicação subsuperficial da água (Figura 15.10). A vantagem desse sistema é a remoção das linhas laterais da superfície do solo, o que facilita o tráfego e os tratos culturais, além de uma vida útil maior. A área molhada na superfície não existe ou é muito pequena, reduzindo ainda mais a evaporação direta da água do solo. As limitações desse sistema são as dificuldades de detecção de possíveis entupimentos ou reduções nas vazões dos emissores.

A instalação das laterais pode ser mecanizada, o que permite utilizar o sistema em grandes áreas.



Figura 15.10. Sistema de irrigação localizada subsuperficial (Fonte: USA).

15.1.1.4 Subirrigação

Com a subirrigação, o lençol freático é mantido a uma certa profundidade, capaz de permitir um fluxo de água adequado à zona radicular da cultura. Geralmente, está associado a um sistema de drenagem subsuperficial. Havendo condições satisfatórias, pode-se constituir no método de menor custo. No Brasil, esse sistema de irrigação tem sido empregado com relativo sucesso no projeto do Formoso, no estado de Tocantins.

15.1.2 Seleção do método de irrigação

O primeiro passo no processo de seleção do sistema de irrigação mais adequado para uma certa situação consiste em selecionar antes o método de irrigação. Vários fatores podem afetar a seleção do método de irrigação. Os principais são resumidos na Tabela 15.1 e discutidos a seguir, juntamente com outros fatores importantes.

Tabela 15.1. Fatores que afetam a seleção do método de irrigação.

<i>Método</i>	<i>Fatores</i>			
	Declividade	Taxa de Infiltração	Sensibilidade da Cultura ao molhamento	Efeito do vento
Superfície	Área deve ser plana ou nivelada artificialmente a um limite de 1%. Maiores declividades podem ser empregadas tomando-se cuidados no dimensionamento	Não recomendado para solos com taxa de infiltração acima de 60 mm h ⁻¹ ou com taxa de infiltração muito baixa	Adaptável à cultura do milho, especialmente o sistema de sulcos	Não é problema para o sistema de sulcos
Aspersão	Adaptável a diversas condições	Adaptável às mais diversas condições	Pode propiciar o desenvolvimento de doenças foliares	Pode afetar a uniformidade de distribuição e a eficiência
Localizada	Adaptável às mais diversas condições	Todo tipo. Pode ser usado em casos extremos, como solos muito arenosos ou muito pesados.	Menor efeito de doenças que a aspersão. Permite umedecimento de apenas parte da área.	Nenhum efeito no caso de gotejamento
Subirrigação	Área deve ser plana ou nivelada	O solo deve ter uma camada impermeável	Adaptável à cultura do milho desde que o solo não fique	Não tem efeito

Adaptado de Turner (1971) e Gurovich (1985)

15.1.2.1 Topografia

Se a área a ser irrigada é plana ou pode ser nivelada sem gasto excessivo, pode-se empregar qualquer um dos quatro métodos. Se a área não é plana, deve-se limitar ao uso de aspersão ou localizada, para as quais a taxa de aplicação de água pode ser ajustada para evitar erosão. O método de irrigação por superfície pode ser desenvolvido em áreas com declividades de até 15%. Aspersão pode ser empregada em áreas de até 30%, enquanto gotejamento pode ser implementado em áreas com declives de até 60%.

A presença de obstrução na área (rochas, voçorocas, construções) dificulta o emprego do método de superfície e subirrigação, mas pode ser contornada com os métodos de aspersão e, principalmente, com o método de irrigação localizada.

Áreas com formato e declividade irregulares são mais facilmente irrigáveis com métodos de aspersão e localizada do que com o método de superfície.

15.1.2.2 Solos

Solos com velocidade de infiltração básica maior que 60 mm h^{-1} devem ser irrigados por aspersão ou com irrigação localizada. Para velocidades de infiltração inferiores a 12 mm h^{-1} , em áreas inclinadas, o método mais adequado é o da irrigação localizada. Para valores intermediários de velocidade de infiltração, os quatro métodos podem ser empregados.

Nos casos em que os horizontes A e B são pouco espessos, deve-se evitar a sistematização (prática quase sempre necessária nos sistemas de irrigação por superfície), de forma a evitar a ex-

posição de horizontes com baixa fertilidade. No caso de lençol freático alto, deve-se dar preferência a métodos de irrigação por superfície ou subirrigação. Entretanto, em solos com problemas potenciais de salinidade, deve-se evitar os métodos de superfície e subirrigação, dando-se preferência aos métodos de aspersão e localizada.

O emprego de irrigação por aspersão ou localizada em solos com reduzida capacidade de retenção de água, em geral, propicia melhor eficiência.

15.1.2.3 Cultura

No caso da cultura do milho, os sistemas mais apropriados são o de sulcos e subirrigação (muito pouco utilizados no Brasil), aspersão convencional, autopropelidos, pivô central (o mais empregado) e gotejamento (uso crescente entre as empresas de semente e produtores de milho verde).

Na escolha do sistema de irrigação para produção comercial de milho, os aspectos mais importantes a serem considerados são o retorno econômico e a questão fitossanitária. Deve-se observar também a rotação de culturas, de forma que o sistema de irrigação atenda a todas as culturas a serem cultivadas no sistema de produção. Para essa situação, o sistema mais flexível é o de aspersão convencional ou pivô central. Em cultivos de milho que podem proporcionar maior retorno econômico e em situações de escassez de água, pode-se empregar sistemas mais eficientes e mais caros, como o gotejamento.

15.1.2.4 Clima

A frequência e a quantidade das precipitações que ocorrem durante o ciclo das culturas ditam a importância da irrigação para

a produção agrícola. Nas regiões áridas e semi-áridas, é praticamente impossível produzir sem irrigação. Todavia, em regiões mais úmidas, a irrigação pode ter caráter apenas complementar e os sistemas de menor custo, como subirrigação e sulcos, se atenderem a outros requisitos (descritos posteriormente), devem ser selecionados para esse caso.

Em condições de vento forte, a uniformidade de distribuição de água pode ser muito prejudicada no método da aspersão e, portanto, ele deve ser evitado. O sistema de irrigação por pivô central apresenta melhor desempenho, em condições de vento, que os sistemas autopropelidos e convencionais, particularmente quando utilizado o sistema LEPA. Praticamente não há efeito de vento em sistemas de irrigação localizada e subirrigação.

As perdas de água por evaporação direta do jato, nos sistemas de aspersão, podem chegar a 10%, sem considerar a evaporação da água da superfície das plantas.

Sistemas de aspersão podem ser empregados para proteção contra geadas. Entretanto, isso só é possível em sistemas de aspersão fixos, dimensionados para permitir que toda a área possa ser irrigada simultaneamente.

15.1.2.5 Disponibilidade e qualidade de água para irrigação

A vazão e o volume total de água disponível durante o ciclo da cultura são os dois parâmetros que devem inicialmente ser analisados para a determinação, não só do método mais adequado, mas também da possibilidade ou não de se irrigar, conforme foi discutido em tópico anterior. A vazão mínima da fonte deve ser igual ou superior à demanda de pico da cultura a ser irrigada, levando-se em consideração também a eficiência de aplicação de

água do método. Pode-se considerar a construção de reservatórios de água, o que, todavia, onera o custo de instalação.

Sistemas de irrigação por superfície, em geral, requerem vazões maiores com menor frequência. Sistemas de aspersão e localizada podem ser adaptados a fontes de água com vazões menores. Sistemas de irrigação por superfície são potencialmente menos eficientes (30-80%), quando comparados com sistemas de irrigação por aspersão (75-90%) e localizada (80-95%).

A altura de bombeamento da água, desde a fonte até a área a ser irrigada, deve ser considerada quando da seleção do método de irrigação. À medida em que essa altura aumenta, sistemas de irrigação mais eficientes devem ser recomendados, de forma a reduzir o consumo de energia.

Fontes de água com elevada concentração de sólidos em suspensão não são recomendadas para utilização com sistemas de gotejamento, devido aos altos custos dos sistemas de filtragem. Todavia, tais impurezas não seriam problema para os métodos de irrigação por superfície.

A presença de patógenos nocivos à saúde humana pode determinar o método de irrigação de culturas consumidas in natura, como é o caso de hortaliças. Sistemas de irrigação por aspersão e microaspersão não são adequados para esses casos. Todavia, gotejamento, sobretudo gotejamento enterrado, e métodos superficiais podem ser empregados.

Finalmente, deve-se considerar o custo da água na seleção do método. Quanto maior o custo da água, mais eficiente deve ser o método de irrigação. Vale aqui lembrar que o Brasil está atualmente implementando as outorgas de água, conseqüência da

Lei 9433/97, que determina a cobrança pelo uso da água em todo o país.

15.1.2.6. Aspectos econômicos, sociais e ambientais

Parece óbvio que a meta principal da implementação de qualquer atividade agrícola, envolvendo irrigação, seja a obtenção do máximo retorno econômico. Todavia, os impactos nos aspectos sociais e ambientais do projeto não podem ser ignorados.

Cada sistema de irrigação potencial, adequado a uma certa situação, deve ser analisado em termos de eficiência econômica. Pode-se empregar a relação benefício-custo do projeto ou retorno-máximo para se determinar sua eficiência econômica. O projeto que apresentar melhor desempenho econômico deve, então, ser selecionado. A análise econômica de sistemas de irrigação é geralmente complexa, devido ao grande número de variáveis envolvidas. Deve-se empregar planilhas ou programas de computador para auxiliar nos cálculos. A descrição dessas ferramentas foge ao escopo deste trabalho.

Como regra geral, sistemas de irrigação de custo inicial elevado, como os de irrigação localizada, são recomendados para cultivos de maior valor, como sementes e milho verde. Os custos operacionais, principalmente energia, são geralmente maiores nos sistemas de irrigação por aspersão, intermediários nos de irrigação localizada e menores nos sistemas superficiais. Os custos de manutenção são geralmente elevados nos sistemas de irrigação por superfície, o que pode levar à frustração de muitos irrigantes.

Fatores como a geração de emprego, a produção local de alimentos e a utilização de equipamentos produzidos localmente devem também ser considerados na seleção dos métodos de irri-

gação. Se há incentivos governamentais para um ou mais desses fatores, deve-se levá-los em consideração na análise econômica. Finalmente, os impactos ambientais de cada método, como erosão, degradação da qualidade da água e destruição de habitats naturais, devem ser considerados. Tais efeitos podem ser considerados na análise econômica, na forma de multas ou incentivos governamentais, ou analisados em termos de limites toleráveis.

15.1.2.7 Fatores humanos

Diversos fatores humanos, de difícil justificativa lógica, podem influenciar a escolha do método de irrigação. Hábitos, preferências, tradições, preconceitos e modismo são alguns elementos comportamentais que podem determinar a escolha final de um sistema de irrigação.

De forma geral, existe uma certa desconfiança entre os agricultores com relação à inovação tecnológica. Tecnologias já assimiladas são prioritariamente consideradas e suas inconveniências aceitas como inevitáveis, o que dificulta a introdução de sistemas de irrigação diferentes daqueles praticados na região.

O nível educacional dos irrigantes pode influir na seleção de sistemas de irrigação. A irrigação por superfície tem sido praticada com sucesso por agricultores mais tradicionais em diferentes regiões do mundo. Todavia, os sistemas de irrigação por superfície são pouco empregados no Brasil, à exceção da cultura do arroz, no Sul. Sistemas de aspersão e localizada requerem algum tipo de treinamento dos agricultores.

15.1.3 Considerações finais

A seleção do sistema de irrigação mais adequado é o resultado do ajuste entre as condições existentes e os diversos siste-

mas de irrigação disponíveis, levando-se em consideração outros interesses envolvidos. Sistemas de irrigação adequadamente selecionados possibilitam a redução dos riscos do empreendimento, além de uma potencial melhoria da produtividade e da qualidade ambiental.

15.2 Quimigação

A quimigação consiste em aplicar uma solução ou calda de agroquímicos (fertilizante, inseticida, fungicida, herbicida ou nematicida) por meio do sistema de irrigação. Quando se trata de produtos que atuam no solo, a aplicação, em princípio, pode ser feita por meio de qualquer método de irrigação: gravitacional, aspersão ou localizado. Porém, a aplicação de produtos com atividade foliar somente é viável nos sistemas de irrigação por aspersão: laterais portáteis (convencional), pivô central, rolão e outros.

Uma vez que a solução estará misturada à água de irrigação, a uniformidade de aplicação do agroquímico se confunde com a da aplicação da água e, portanto, é necessário que essa uniformidade seja elevada, para que se obtenha uma boa uniformidade de aplicação do produto. A quimigação é praticamente restrita aos métodos pressurizados (aspersão e irrigação localizada).

Os sistemas pressurizados vêm sendo cada vez mais utilizados nesse processo, devido ao movimento turbulento da água, que ajuda a manter o material químico uniformemente distribuído nas tubulações. Essa característica contribui na obtenção de boa uniformidade de aplicação. Esses sistemas podem ser usados para aplicar diversos produtos químicos, como fertilizantes, herbicidas, inseticidas, fungicidas e até mesmo outros produtos não tradicionais, como bioinseticidas e vírus. A injeção é feita na tubulação principal ou lateral e o ponto de aplicação será o aspersor

ou emissor. No caso da cultura do milho, pelas suas características de densidade de plantio, a irrigação localizada tem pouco uso comercial.

A injeção dos produtos pode ser efetuada utilizando-se diferentes métodos e equipamentos (COSTA & BRITO, 1994). Porém, independentemente do método adotado, a qualidade dos resultados obtidos na quimigação depende do cálculo correto de variáveis como taxa de injeção, quantidade do produto a ser injetada, volume do tanque de injeção, dose do produto a ser aplicada na área irrigada, concentração do produto na água de irrigação, entre outros.

Além dos cálculos operacionais feitos corretamente, é necessário assegurar-se de que o sistema, tanto de irrigação quanto de injeção, está funcionando de acordo com os parâmetros para os quais está ajustado, ou seja, que a vazão calculada corresponde àquela efetiva no sistema ou que a taxa de injeção desejada estará realmente ocorrendo no campo. Portanto, tão importante quanto os cálculos operacionais, é proceder à calibração periódica dos equipamentos (BRITO & COSTA, 1998).

15.2.1 Informações preliminares sobre produtos

A quimigação requer que os produtos usados estejam em solução ou que possam ser disponibilizados em forma líquida ou fluida. Portanto, se os materiais usados não forem originalmente fluidos, é necessário preparar a solução desejada antes de proceder à injeção. Para tanto, é importante conhecer algumas características dos produtos, como solubilidade, conteúdo do elemento ou princípio ativo desejado, densidade e/ou concentração e limite de tolerância pelas culturas, entre outros.

15.2.2 Aplicação via aspersão com laterais portáteis (convencional)

A injeção de produtos químicos pode ser realizada utilizando vários métodos (COSTA & BRITO, 1994). Pelo fato de o sistema permanecer estacionário durante a aplicação de água, é comum a utilização de depósitos hermeticamente fechados, constituídos de fibra de vidro ou de metal protegido contra a ação corrosiva dos agroquímicos. Nesse caso, o volume do depósito é função da área a ser irrigada, do método de injeção e das condições de suprimento de água.

A quantidade do produto a ser aplicada por hectare depende da dose recomendada e é determinada a partir das análises laboratoriais ou do receituário agrônomo. A quantidade total do produto requerida pela cultura pode ser parcelada em diversas aplicações, conforme as exigências da mesma em cada estágio de desenvolvimento. O tipo e a concentração da solução a ser aplicada dependem das recomendações agrônomicas estabelecidas para a cultura e do manejo a ser usado na aplicação.

A área a ser irrigada e o tempo requerido para cada posição das linhas laterais são informações que devem estar disponíveis para que se possa calcular as quantidades de produto ou solução a injetar. O tempo é função da capacidade do sistema de irrigação, da capacidade de retenção de água no solo, do clima e da cultura.

15.2.2.1 Quantidade do produto injetada por lateral

A aplicação de agroquímicos, num sistema de aspersão com laterais portáteis, consiste de várias etapas, cujos cálculos são apresentados na sequência seguinte (FRIZZONE et al., 1985):

15.2.2.2 Quantidade de produto a ser injetada

Para calcular a quantidade de produto a ser injetada, pode-se usar a fórmula:

$$Q_i = \frac{E_a E_l N_a P_d}{10.000} \quad (\text{eq. 1})$$

Em que Q_i é a quantidade de produto, ou princípio ativo, a ser aplicada por linha lateral (kg); E_a é o espaçamento entre aspersores na linha lateral (m); E_l é o espaçamento entre laterais (m); N_a é o número de aspersores na linha lateral; P_d é a dose recomendada do produto ou princípio ativo (kg/ha^{-1}).

15.2.2.3 Quantidade de produto sólido a ser colocada no tanque

Quando o produto, no seu estado original, é sólido, é necessário preparar a solução no tanque, podendo-se usar a equação:

$$Q_p = \frac{C_a Q V_a}{q_i P} \quad (\text{eq. 2})$$

Em que Q_p é a quantidade de produto a ser colocada no tanque (g); C_a é a concentração desejada do elemento ou princípio ativo na solução na saída dos aspersores (g m^{-3} , mg L^{-1} ou ppm); Q é a vazão do sistema de irrigação ($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$); V_a é a capacidade do tanque (m^3); q_i representa a taxa de injeção ($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$); P é a porcentagem do elemento no produto, expresso em valor decimal. Vale mencionar que a presença de C_a na fórmula deve-se ao fato de que alguns produtos, dependendo de sua concentração na água, podem produzir efeitos de queima ou toxidez na folhagem. Ao

utilizar algum produto dessa natureza, deve-se verificar o limite recomendável de concentração.

15.2.2.4 Número necessário de tanques do produto (NT)

Para estabelecer o número de tanques que serão necessários para comportar a solução ou calda a ser injetada, faz-se o cálculo seguinte:

$$N_T = \frac{P_d A}{P Q_p} \quad (\text{eq. 3})$$

Em que Q_p representa a quantidade do produto (sólido) em cada tanque, que, nessa fórmula, é comumente usado em quilograma (kg), diferentemente da (eq. 2); A é a área irrigada, em cada posição da linha lateral (ha) e os outros termos já foram anteriormente definidos.

Exemplo 1.

Pretende-se aplicar nitrogênio (N) numa área, utilizando-se uréia, com um sistema de irrigação com laterais portáteis (convencional), em que cada lateral é composta de 12 aspersores, com vazão individual de $3 \text{ m}^3 \text{ hr}^{-1}$, espaçamento igual entre linhas e aspersores de 18 m. As seguintes informações são disponíveis:

- concentração desejada na água de irrigação, $C_a = 250 \text{ ppm de N}$;
- capacidade de injeção da bomba, $q_i = 0,50 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$;
- capacidade do tanque, $V_a = 400 \text{ L (0,40 m}^3)$;
- dose recomendada do nutriente (N), $P_d = 50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ de N}$;

Calcular:

- a. a quantidade de nutriente (N) a ser aplicada, por lateral;
- b. a quantidade de fertilizante sólido (uréia) a ser colocada em cada tanque;
- c. o número necessário de tanques, por aplicação;

Solução:

- a. quantidade de N a ser injetada, em cada lateral :

Usando a eq. 1, tem-se:

$$Q_i = \frac{(18)(18)(12)(50)}{10.000} = 19,44kg$$

como a uréia tem 45% de N, esses 19,44 kg equivalem a 43,2 kg de uréia.

- b. quantidade de fertilizante sólido (uréia) a ser colocada em cada tanque:

Como cada lateral contém 12 aspersores, com vazão individual de $3 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, a vazão na lateral, Q, será de $36 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$. A uréia contém 45% de N ou 0,45. Usando a eq. 2, calcula-se:

$$Q_p = \frac{(250)(36)(0,4)}{(0,50)(0,45)} = 16.000g = 16kg$$

que é a quantidade de uréia sólida a ser colocada em cada tanque.

A solubilidade da uréia é de 120 kg 100L⁻¹. Como o tanque tem capacidade de 400 litros, para diluir 16 kg de uréia, isso equivale a uma solubilidade de 4 kg 100 L⁻¹, bastante inferior à da uréia. Portanto, o produto será facilmente diluído.

c. Número necessário de tanques (NT):

A área irrigada a cada posição da lateral, considerando o espaçamento de 18 x 18 m, será de 12 x 324 m² = 3.888 m² ou aproximadamente 0,39 ha. Usando a eq. 3, obtém-se:

$$N_t = \frac{(50)(0,39)}{(0,45)(16)} \cong 2,7$$

Serão necessários três tanques (arredondando-se 2,7). Multiplicando-se o número de tanques pela quantidade de uréia a ser colocada em cada um (3 x 16), obtém-se o total de 48 kg, portanto, superior ao valor encontrado no final do item (a) do exemplo, 43,2 kg, devendo-se a diferença a erros de arredondamento. Nesse caso pode-se ajustar a quantidade do produto a ser colocada em cada tanque para $43,2/3 = 14,4$ kg.

15.2.3 Aplicação via pivô central

O sistema pivô central tem sido amplamente usado para quimigação, graças à sua facilidade de automação e às possibilidades de aplicação eficiente da água. O comprimento da lateral do sistema é bastante variado, dependendo da necessidade do produtor, das características topográficas e das dimensões da área a ser irrigada, variando de 60 m até aproximadamente 650 m, correspondendo a uma área irrigada de 1,31 a 133 ha, respectivamente. Os métodos de injeção empregados normalmente utili-

zam as bombas de deslocamento positivo, que se caracterizam por baixas vazões e altas pressões, ideais para a aplicação de produtos químicos via pivô central.

15.2.3.1 Cálculo da taxa de injeção

A taxa de injeção de produtos químicos via pivô central deve ser constante durante a aplicação de uma determinada dose na área irrigada. Essa condição é necessária porque o equipamento opera com um deslocamento contínuo e uniforme para aplicação da lâmina de água requerida.

A taxa de injeção de determinado produto químico depende da dose do produto a ser distribuída na área, da velocidade de deslocamento do equipamento, da área irrigada e da concentração do produto no tanque de injeção. Essas variáveis estão todas relacionadas e a taxa de injeção pode ser calculada pela equação:

$$q_i = \frac{P_d r^2 v_t V_a}{20.000 r_t Q_p} \quad (\text{eq. 4})$$

Em que q_i é a taxa de injeção (L min^{-1}); P_d é a dose do produto na área irrigada (kg ou L ha^{-1}); v_t é velocidade do pivô na última torre (m min^{-1}); r_t é a distância do ponto do pivô até a última torre (m); r é o raio irrigado do pivô central; Q_p é a quantidade do produto no tanque de injeção (kg ou L); e V_a é o volume de água no tanque em que o produto é diluído (L). Na constante 20.000, está embutida a unidade $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$. Na prática, geralmente a taxa de injeção é pré-fixada, calculando-se a quantidade do produto a ser diluída em um determinado volume de água.

Dependendo da concentração da solução injetada, de sua taxa de injeção e da vazão do sistema de irrigação, poderão surgir efeitos indesejáveis, como precipitação de sais da água, corrosão dos materiais componentes do equipamento, toxicidade das plantas ou contaminação do ambiente. Por isso, considera-se muito importante obter a concentração final do produto injetado na água de irrigação e avaliar as possibilidades de dano ao equipamento de irrigação e ao sistema de produção utilizado. O cálculo da concentração do produto na água de irrigação, C_a (mg L^{-1}), pode ser realizado utilizando a seguinte expressão:

$$C_a = \frac{q_i \left(\frac{Q_p}{V_a} \right)}{60Q} 10^6 \quad (\text{eq. 5})$$

Em que Q representa a vazão do sistema de irrigação (L s^{-1}).

Quando o sistema não dispõe de um medidor de vazão, recomenda-se estimar seu valor a partir de informações sobre a lâmina média aplicada e a uniformidade de distribuição de água do equipamento, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$Q = 3,636(10)^{-5} \frac{r^2 L_i}{U_i} \quad (\text{eq. 6})$$

Em que L_i é a lâmina média aplicada (mm d^{-1}) e U_i representa o índice de uniformidade adotado, expresso em forma decimal.

O número de tanques a serem utilizados na aplicação depende do tamanho do pivô, da capacidade do reservatório de injeção utilizado, da velocidade de deslocamento do equipamento

e da taxa de injeção empregada. Pode ser calculado da seguinte forma:

$$N_T = \frac{2\pi r_i q_i}{v_i V_a} \quad (\text{eq. 7})$$

Em que N_T representa o número de tanques necessários para a aplicação em um círculo completo; as outras variáveis já foram definidas anteriormente.

Exemplo 2.

Deseja-se aplicar uma dose de 20 kg ha^{-1} de uréia através de um pivô central, com raio irrigado de 400 m. O equipamento irá deslocar-se numa velocidade de $2,5 \text{ m min}^{-1}$, na última torre, que se encontra a 385 m do ponto pivô. Pretende-se dissolver 360 kg do fertilizante, de uma só vez, em 800 L de água no tanque de injeção. Pede-se determinar: a) a taxa de injeção necessária para aplicar uréia uniformemente; b) a concentração do produto na água de irrigação, sabendo que a vazão no sistema de irrigação é de $47,5 \text{ L s}^{-1}$; c) o volume total de solução necessário para aplicação da dose requerida em toda a área desse pivô central.

Solução:

Sendo o raio irrigado de 400 m, a área total é $\pi (400)^2 = 502.654 \text{ m}^2$, ou 50 ha. Com a dose de 20 kg ha^{-1} , isso representa um total de 1.000 kg de uréia a serem aplicados.

a. Taxa de injeção:

Usando a eq. 4

$$q_i = \frac{(20)(400)^2 (2,5)(800)}{20.000(385)(360)} = 2,31L / \text{min}$$

b. Concentração do produto na água de irrigação:

Aplicando o valor obtido acima na eq. 5

$$C_a = \frac{(2,31)\left(\frac{360}{800}\right)}{60(47,5)} 10^6 \cong 365\text{mg} / L$$

Se for o caso de produto com maior nível de toxidez, esse valor de concentração deverá ser comparado ao limite tolerável pela cultura.

c. Volume total de solução:

Redistribuindo os termos da eq. 7

$$\text{Volume total} = N_T V_a = \frac{2\pi r_i q_i}{v_f} = \frac{2\pi(385)(2,31)}{(2,5)} = 2.234L$$

o que equivale aproximadamente a 2,8 tanques de 800 L, ou seja, serão usados três tanques. Ajustando-se os 1.000 kg de uréia para três tanques, deverão ser diluídos 333 kg de uréia por tanque.

O equipamento de pivô central deve estar bem ajustado, para promover uma aplicação eficiente. Em geral, equipamentos com uniformidade de distribuição acima de 85% são considerados adequados para a quimigação.

15.2.4 Calibração

Na produção agrícola, são usados diferentes tipos de equipamentos e técnicas de medição. Uma vez tomada a decisão de "quimigar", deve-se ter em mente que uma calibração bem feita é essencial para a segurança do operador e ambiente e para a economia do empreendimento. Erros de calibração podem resultar no desperdício de grandes somas em químicos, além do risco de contaminação que isso representa.

Para que a uniformidade de distribuição dos produtos químicos seja efetiva na área irrigada, ela deve ser similar à uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação. O processo de calibração dos sistemas envolvidos na quimigação deve ser iniciado com a checagem do coeficiente de uniformidade do sistema de irrigação empregado. Após esse procedimento, pode-se iniciar a calibração dos equipamentos de injeção dos produtos químicos e do sistema de irrigação.

O sistema de injeção é o equipamento usado para adicionar o produto à água de irrigação. As peças individuais incluem: bomba injetora, tubo de calibração, tanque-depósito com agitador e as conexões e tubulações associadas. Conforme sugestões da Universidade de Nebraska (1996), para segurança e precisão na aplicação deve-se ter sistemas diferentes de injeção para pesticidas e fertilizantes. Os sistemas são semelhantes, mas as capacidades são diferentes. Pesticidas geralmente são aplicados com bombas de diafragma de baixo volume, que podem ser ajustadas durante o bombeamento, portanto, agilizando o processo de calibração. Os tanques normalmente têm capacidade de 200 a 400 L. A taxa de injeção de pesticidas, em média, está em torno de 30 a 200 mL min⁻¹. Portanto, um tubo de calibração de 1000 mL é adequado.

Em contraste, os fertilizantes são aplicados em quantidades relativamente grandes e tanques com capacidade de até 4000 L são comuns.

Geralmente, os equipamentos vêm com recomendações dos fabricantes, com o objetivo de diminuir a margem de erros durante o processo de injeção. Entretanto, as possibilidades de aplicação de produtos químicos são muito variadas, em função das características dos produtos e dos sistemas de irrigação. Por isso, é de bom senso que, junto com as informações dos fabricantes, haja monitoramento dos sistemas de injeção em intervalos regulares ou no começo de cada operação, com o objetivo de assegurar a aplicação uniforme e segura do produto.

A calibração dos equipamentos de injeção é relativamente simples e direta, se um mínimo de material é colocado à disposição para esse procedimento. Nesse material, incluem-se basicamente um cilindro graduado com capacidade de até 20 L, para coletar o efluente do sistema de injeção, um hidrômetro e um cronômetro.

Os passos requeridos para uma calibração acurada são (UNIVERSIDADE DE NEBRASKA, 1996):

- determinação da área a ser tratada;
- cálculo da quantidade de químico necessária;
- determinação do tempo de aplicação (ou de revolução, no caso de pivô central);
- cálculo da taxa de injeção;
- conversão da taxa de injeção para as unidades do tubo de calibração.

A calibração é conduzida pelo ajuste da taxa de injeção de produto da bomba injetora para injetar a quantidade correta do produto. Pequenos erros na entrada de produtos podem causar taxas mais altas ou mais baixas de aplicação e podem-se obter resultados insatisfatórios.

Dentre os vários tipos de equipamento de injeção, os sistemas baseados no venturi e as bombas injetoras de pistão e diafragma são os mais usados na injeção de fertilizantes nitrogenados (MOREIRA & STONE, 1994). O processo de calibração, quando se usa venturi, é feito determinando-se a vazão derivada, que é uma parte da vazão total que passa pelo tanque de solução. A determinação dessa vazão é feita instalando-se um hidrômetro na mangueira entre o ponto de tomada de água na tubulação de irrigação e o tanque de solução. Após a determinação da vazão derivada, é feita a calibração, isto é, a vazão derivada é ajustada à taxa de aplicação do produto determinada antecipadamente.

Por exemplo, deseja-se aplicar uma solução de agroquímico a uma taxa de 20 L, em dez minutos. Com o sistema em funcionamento e o tanque com água, mede-se o tempo gasto para passar os 20 litros pelo hidrômetro; se o tempo for menor que os dez minutos necessários, é sinal de que o registro está muito aberto e deve ser fechado um pouco. Se maior, está muito fechado e deve ser aberto um pouco mais. Esse procedimento deve ser repetido até se obter a vazão desejada de 20 litros em dez minutos. Na ausência de um hidrômetro, pode-se utilizar o cilindro graduado e coletar a vazão derivada em um tempo preestabelecido ou determinar o tempo de uma vazão preestabelecida. Em ambos os casos, deve-se utilizar a unidade de litros por minuto ($L \text{ min}^{-1}$) (MOREIRA & STONE, 1994).

As bombas injetoras de pistão são bastante apropriadas para a injeção de fertilizantes nitrogenados. Nesse equipamento, a taxa de injeção do produto químico é determinada pelo número de golpes dados por um pistão de determinado comprimento e diâmetro. Normalmente, a relação taxa de injeção por número de golpes é fornecida pelo fabricante através de catálogos, o que não deve impedir que se faça uma nova calibração a cada aplicação, uma vez que os valores dessa relação estão sujeitos a variações resultantes de alterações na pressão diferencial a que o injetor é submetido.

O procedimento de calibração é o seguinte (MOREIRA & STONE, 1994): com a bomba instalada e o sistema de irrigação em funcionamento, abre-se lentamente o registro de entrada de água localizado na parte inferior da bomba. A bomba entra imediatamente em funcionamento. Ligado à bomba, um contador registra o número de golpes do pistão. A cada movimento do pistão, a bomba injeta determinada vazão, que deve ser medida por meio de um cilindro graduado. Como a quantidade de produto por área é calculada antecipadamente, ajusta-se o funcionamento da bomba injetora a esses valores. Isso é feito mediante a abertura do registro de água, que regula a frequência dos golpes, que normalmente são de um a doze por minuto, o que corresponde aproximadamente a 30 a 360 L h⁻¹ de solução.

Em seguida, são apresentados procedimentos de calibração para sistemas de irrigação por laterais portáteis, pivô central e gotejamento, extraídos de Moreira & Stone (1994).

15.2.4.1 Sistema de aspersão por laterais portáteis (convencional)

(a) Determinar a área irrigada por uma linha lateral. Multiplicar o espaçamento entre laterais ao longo da linha principal pelo com-

primento da lateral. Se mais de uma linha lateral funciona simultaneamente, multiplicar também pelo número de laterais.

Exemplo:

6 laterais com 240 m de comprimento cada, espaçadas entre si de 6 m. $(240\text{m} \times 6\text{m} \times 6) / (10.000\text{m}^2 \text{ha}^{-1}) = 0,86 \text{ ha}$

(b) Determinar a quantidade necessária do produto químico por hectare (especificação do produto)

Exemplo:

Dose de 4 L ha^{-1} .

(c) Determinar a quantidade total de produto químico necessária, multiplicando-se a área irrigada pela quantidade do produto por hectare: $0,86 \text{ ha} \times 4 \text{ L ha}^{-1} = 3,44 \text{ L do produto}$.

(d) Determinar a quantidade de água a ser aplicada durante a irrigação de uma lateral (calculada na elaboração do projeto de irrigação).

Exemplo:

28 mm de água devem ser aplicados na irrigação de uma lateral.

(e) Determinar a taxa de aplicação de água do sistema de irrigação (obtida de tabelas, em função das características do aspersor em uso).

Exemplo:

De acordo com a tabela de aspersores, a taxa de aplicação de água será de 7mm h^{-1} .

(f) Determinar o tempo de irrigação, dividindo-se a quantidade de água a ser aplicada (item 4) pela taxa de aplicação de água (item 5): $(28 \text{ mm}) / (7 \text{ mm h}^{-1}) = 4 \text{ h}$ de irrigação.

Recomenda-se que alguns produtos, como herbicidas, sejam aplicados durante a primeira metade do tempo de irrigação ou durante as primeiras duas horas.

(g) Encher parcialmente o tanque de solução com água, deixando espaço suficiente para a adição do produto químico. Acionar o agitador do tanque e adicionar o produto.

Exemplo

Para um tanque de 50 L, adicionar aproximadamente 46,5 L de água, ligar o agitador e adicionar os 3,44 L do produto para completar o volume total.

(h) Determinar a taxa de injeção, dividindo o total de litros no tanque (item 7) pelo tempo, em horas, requerido para aplicar o produto (item 6): $50 \text{ L} / 2 \text{ h} = 25 \text{ L h}^{-1}$.

(i) Ajustar a taxa de injeção da bomba para 25 L h^{-1} , para assegurar a aplicação correta do produto químico.

(j) Se a solução for aplicada no final do tempo de irrigação, deixar o sistema de irrigação em funcionamento por tempo suficiente, após o término da injeção, para assegurar que a solução foi completamente removida do sistema.

15.2.4.2 Pivô central

a) Determinar a área irrigada pelo pivô central. O cálculo é:

$$A = \frac{\pi r^2}{10000}$$

Em que A é área irrigada (ha) e r é o raio máximo molhado (m).

Exemplo:

Se r = 280 m

$$\text{Área} = \pi \frac{(280 \times 280)}{10000} \cong 24,6 \text{ ha}$$

b) Determinar a quantidade total de produto químico a ser aplicada, multiplicando-se a área irrigada pela quantidade de produto por hectare.

Exemplo:

Supondo-se uma dose recomendada para o produto de 3 L ha⁻¹, tem-se:

Volume = 24,6 ha x 3 L ha⁻¹ = 73,8 L do produto a serem injetados.

c) Encher parcialmente o tanque de solução com água e deixar espaço suficiente para a adição do produto químico. Acionar o agitador do tanque e adicionar o produto.

Exemplo:

Num tanque de 200 L, adicionar aproximadamente 126 L de água, ligar o agitador e adicionar os 73,8 L do produto, para completar o volume total.

d) Determinar a velocidade de deslocamento do pivô central. A velocidade rotacional do pivô é dada geralmente em metros por minuto.

Exemplo:

Distância percorrida em 10 minutos = 200 metros.

$$\text{Velocidade} = \frac{200}{10} = 2 \text{ m/min}$$

e) Determinar o tempo de uma revolução completa do pivô central. A circunferência e a velocidade rotacional do pivô são necessárias nesse cálculo. A circunferência (C) é calculada pela fórmula:

$$C = 2 \cdot \pi \cdot r$$

Em que r é o raio medido do centro até a última torre do pivô (m).

Exemplo:

Raio do pivô = 250 metros

$$C = 2 \times \pi \times 250 = 1.570,8 \text{ m}$$

O tempo de revolução é calculado dividindo-se a circunferência pela velocidade de deslocamento do pivô:

$$\frac{1570,8m}{2ml/min} = 785,4 \text{ min} = 13,1 \text{ h por revolução}$$

(f) Determinar a taxa de aplicação/injeção do produto, que é obtida dividindo-se a quantidade de solução necessária para a quimigação (item 3) pelo tempo de revolução do pivô (item 5):

$$\text{Taxa de aplicação/injeção} = 200 \text{ L de solução} / 13,1 \text{ h} \approx 15,3 \text{ L/h}$$

(g) Ajustar a taxa de injeção da bomba injetora para $15,3 \text{ L h}^{-1}$ para assegurar a correta aplicação do produto.

(h) Deixar o pivô central em operação por tempo suficiente (normalmente em torno de cinco minutos) após o término da injeção, para assegurar que a solução foi completamente removida do sistema de irrigação.

15.3 Referências

ANDRADE, C. L. T. **Seleção do Sistema de Irrigação**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 2001. 18 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 14).

BRITO, R. A. L.; COSTA, E. F. Cálculos operacionais e calibração nos sistemas pressurizados. In: COSTA, E. F. da; BRITO, R. A. L.; VIANA, P. A.; TEIXEIRA, D. M. C.; PITTA, G. V. E.; COELHO, A. M.; ALVES, V. M. C.; VASCONCELLOS, C. A.; VALICENTE, F. H.; PINTO, N. S. J. A.; SILVA, J. B. da; KARAM, D.; VIEIRA, R. F. **Curso de engenharia e manejo de irrigação: quimigação - aplicação de produtos químicos e biológicos via água de irrigação**. Brasília, DF: ABEAS / Viçosa: UFV, 1998. Módulo 9, Cap. 4, p. 37-56.

COSTA, E. F.; BRITO, R. A. L. "Métodos de aplicação de produtos químicos e biológicos na irrigação pressurizada. In: COSTA, E. F.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. (Ed.). **Quimigação**: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília: DF: EMBRAPA-SPI, 1994. Cap. 3, p. 85-109.

FRIZZONE, J. A.; ZANINI, J. R.; PAES, L. A. D.; NASCIMENTO, V. M. **Fertirrigação mineral**. Ilha Solteira: UNESP, 1985. 31 p (Boletim Técnico, 2).

GUROVICH, L. A. **Fundamentos y diseño de sistemas de riego**. San José: IICA: 1985. 433 p. (IICA. Serie de Libros y Materiales Educativos, 59).

MOREIRA, J. A. A.; STONE, L. F. Calibração. In: COSTA, E. F.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. (Ed.). **Quimigação** aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília: DF: EMBRAPA-SPI, 1994. Cap. 6, p.

NEBRASKA UNIVERSITY. **Calibration of Center Pivot**. Lincoln: Extension Service, 1996. (Video - Proj 87-EXCA-3-0796)

TURNER, J. H. **Planning for an irrigation system**. Athens: American Association for Vocational Instructional Materials/Soil Conservation Service, 1971. 107 p.

Capítulo 16

A Cultura do Milho na Integração Lavoura-Pecuária

Ramon Costa Alvarenga
Tarcísio Cobucci
João Kluthcouski
Flávio Jesus Wruck
José Carlos Cruz
Miguel Marques Gontijo Neto

16.1 Introdução

A cultura do milho (*Zea mays*) se destaca no contexto da integração lavoura-pecuária (ILP), Figura 16.1, devido às inúmeras aplicações que esse cereal tem dentro da propriedade agrícola, quer seja na alimentação animal, na forma de grãos ou de forragem verde ou conservada (rolão, silagem), na alimentação humana ou na geração de receita, mediante a comercialização da produção excedente.



Figura 16.1. O milho no sistema de integração lavoura-pecuária.

Outro ponto importante são as vantagens comparativas do milho em relação a outros cereais ou fibras, no que diz respeito ao seu consórcio com capim. Uma das vantagens é a competitividade no consórcio, visto que o porte alto das plantas de milho exerce, depois de estabelecidas, grande pressão de supressão sobre as demais espécies que crescem no mesmo local. A altura de inserção da espiga permite que a colheita seja realizada sem maiores problemas, pois a regulagem mais alta da plata-

forma diminui os riscos de embuchamento. Somando-se isso à disponibilidade de herbicidas gramínicos pós-emergentes, seletivos ao milho, é possível obter resultados excelentes com o consórcio milho + forrageira, como, por exemplo, no sistema Santa Fé. A cultura do milho possibilita, ainda, trabalhar com diferentes espaçamentos. Atualmente, a tendência é reduzir o espaçamento entre as fileiras do milho. Isso vai melhorar a utilização de luz, água e nutrientes e aumentar a capacidade de competição das plantas de milho. No consórcio com forrageiras, a redução de espaçamento tem, ainda, a vantagem de formar um pasto mais bem estabelecido (fechado), quando as sementes da forrageira são depositadas somente na linha de plantio do milho. A decisão pelo espaçamento do consórcio a ser estabelecido deve levar em conta a disponibilidade das máquinas, tanto para o plantio quanto para a colheita.

16.2 Vantagens da integração lavoura-pecuária

A integração lavoura-pecuária é a diversificação, rotação, consorciação ou sucessão das atividades agrícolas e pecuárias dentro da propriedade rural de forma harmônica, constituindo um mesmo sistema, de tal maneira que há benefícios para ambas. Possibilita, como uma das principais vantagens, que o solo seja explorado economicamente durante todo o ano ou, pelo menos, na maior parte dele, favorecendo o aumento na oferta de grãos, de fibras, de lã, de carne, de leite e de agroenergia a custos mais baixos, devido ao sinergismo que se cria entre a lavoura e a pastagem. Sistemas de integração lavoura-pecuária (SILP) compostos por tecnologias sustentáveis e competitivas foram e ainda estão sendo desenvolvidos ou ajustados às diferentes condições edafoclimáticas do país, o que tem possibilitado a sustentabilidade do empreendimento agrícola, com redução de custos, distribui-

ção de renda e redução do êxodo rural, em decorrência da maior oferta de empregos no campo.

Os principais benefícios da ILP são: a) para o produtor, há aumento da produtividade e do lucro da atividade, com maior estabilidade de renda, devido à produção diversificada. Com a rotação de cultura há, ainda, redução dos custos e da vulnerabilidade aos efeitos do clima e do mercado; b) para a pecuária, há melhoria da fertilidade do solo, permitindo ganhos em produtividade e maior oferta de pasto, forragem e grãos para alimentação animal na estação seca. A adubação de manutenção da nova pastagem deve-se manter um novo patamar de produtividade. c) para a lavoura, a pastagem favorece a melhoria da qualidade física e biológica do solo, a redução de pragas e doenças, aumenta a matéria orgânica do solo e ajuda no controle da erosão, devido à cobertura e proteção que proporciona. A lavoura cultivada na seqüência é beneficiada com a melhoria da qualidade do solo. d) para a sociedade, existe a vantagem de melhor aproveitamento das áreas já exploradas, especialmente de pastagens degradadas, evitando a incorporação de novas áreas de cerrado ou de floresta, preservando esses ambientes.

Durante as etapas de conversão da propriedade, ou parte dela, para o SILP, o proprietário deverá ir se qualificando, pois o gerenciamento torna-se mais complexo. A maior dificuldade para a adoção do SILP, por parte do pecuarista, é seu parque de máquinas, geralmente limitado. Por sua vez, o agricultor demandará investimentos consideráveis em cercas e animais. Em razão disso, acordos de parcerias e arrendamentos de terra têm sido uma saída para aqueles que não dispõem de capital para fazer esses investimentos ou não estão dispostos a utilizar as linhas convencionais ou especiais de crédito para SILP que estão sendo implementadas.

16.3 Milho consorciado com forrageiras

Na prática, depara-se com as mais variadas situações em que o produtor tenta reduzir os custos de recuperação ou reforma de seus pastos fazendo plantio de milho + forrageira. Aliás, essa prática é bastante antiga. Por outro lado, é raro aquele que faz implantação de pastagens em áreas agrícolas. Existem, para essas duas situações, propostas para inserir as propriedades em SILP de tal forma que elas passem a ser mais sustentáveis e competitivas. As tecnologias disponíveis são o Sistema Barreirão, o Sistema Santa Fé e suas variações. Qualquer um desses sistemas é perfeitamente ajustável a qualquer tamanho de propriedade, desde as pequenas, com alguns hectares e que usam a mão-de-obra familiar, até aquelas empresariais, com alto nível tecnológico.

16.3.1 Sistema Barreirão

Esse sistema (Figura 16.2) foi desenvolvido na década de 80, pela Embrapa Arroz e Feijão. Com ele, foi possível recuperar ou reformar imensas áreas com pastagens degradadas, especialmente no Brasil Central. Ainda hoje, ele é usado com essa finalidade, servindo como preparação para implantação da ILP no Sistema Santa Fé.

Para que o sistema seja implantado, deve ser precedido de uma série de cuidados referentes ao diagnóstico da gleba, à escolha da cultivar de milho e da forrageira, dentre outros. Primeiramente, fazer a avaliação do perfil do solo, para verificar se há presença de camada compactada ou adensada e conhecer a espessura do horizonte superficial, dentre outras ações. Nessa etapa, podem ser decididas quais as profundidades de amostragem para caracterização física e química do solo. Com base nos resultados das análises, fazer a correção da acidez do solo, seguindo a orien-

tação de um técnico. É importante que a aplicação do corretivo seja feita pelo menos 60 dias antes do plantio e que ainda haja umidade suficiente no solo, para que o calcário reaja.



Figura 16.2. Sistema Barreirão.

O milho é uma espécie exigente em fertilidade do solo, exigindo pH, Ca, Mg, saturação por alumínio e saturação por bases mínimas em torno de 6,0, 2,2, 0,8, menor que 20% e 50-55%, respectivamente. Esses níveis são, também, os mínimos necessários para se implantar o Sistema Plantio Direto (SPD). Dentre esses parâmetros, a saturação por bases pode ser considerada a mais importante característica química do solo para a produção do milho (Tabela 16.1), devendo ser associada com a CTC. Além disso, a cultura do milho é mais adaptada a solos anteriormente cultivados, principalmente com soja, quando a cultura expressa

melhor seu potencial produtivo. Como cultura de primeiro ano, em solos recém-corrígidos ou após pastagem degradada, os rendimentos de grãos são menores. Assim, o agricultor pode optar pelo plantio de variedade ou híbridos duplos de menor custo.

Tabela 16.1. Produção média de grãos de milho sob diferentes níveis de saturação por bases.

<i>Saturação por bases (%)</i>	<i>Rendimento (kg ha⁻¹)</i>
40	6.490
44	7.659
51	8.501
53	7.862
56	7.653
66	8.221
Teste F	** ¹
CV (%)	7,0

¹Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey; Fonte: Adaptado de Fageria (2001).

Em algumas situações, é recomendada adubação corretiva para fósforo e potássio. Para cada tonelada de grãos, são requeridos cerca de 24 kg de N, 3 kg de P, 23 kg de K, 5 kg de Ca, 4 kg de Mg, 46 g de Zn, 8 g de Cu, 65 g de Mn, 274 g de Fe e 18 g de B. A extração de S pela planta de milho varia de 15 kg a 30 kg ha⁻¹, para produções de grãos em torno de 5 a 7 t ha⁻¹.

A principal característica do Sistema Barreirão é a aração profunda com arado de aiveca. As razões para se usar esse implemento são: fazer o condicionamento físico e químico do solo, rompendo camadas compactadas ou adensadas; inverter a camada de solo revolvida, para que haja incorporação profunda de corretivos, incorporar em profundidade o banco de sementes de plantas daninhas, para que essas não germinem ou tenham a emer-

gência retardada, competindo menos com o milho; incorporar o sistema radicular de capins, acelerando a sua mineralização, para minimizar a concorrência com o milho pelo nitrogênio etc.

Na seqüência, são tomados os cuidados com a conservação do solo. Como o condicionamento químico não é imediato, ou seja, demanda tempo de reação dos corretivos e fertilizantes, é esperado melhor desempenho das lavouras de milho nos cultivos subseqüentes.

Para se obter um bom desempenho da cultura em áreas com pastagem degradada, onde predominam solos ácidos e de baixa fertilidade, fazem-se necessários a correção mínima de acidez e o suprimento de nutrientes adequados. A calagem, nesse caso, pode ser feita antes do período chuvoso que antecede a semeadura (agosto/setembro). O melhor método consiste em aplicar 60-70% do calcário, incorporá-lo superficialmente com grade aradora, arar profundamente (35-40 cm), aplicar os restantes 30-40% do corretivo, nivelar/destorroar e semear o milho e a forrageira. Nas demais opções, o calcário pode ser espalhado superficialmente, para ser incorporado apenas imediatamente antes da semeadura do consórcio.

No Sistema Barreirão, a determinação da necessidade de calagem para o milho obedece à mesma metodologia e aos critérios utilizados para os cultivos solteiros. Entretanto, deve-se considerar que, para solos com alto teor de areia e baixa matéria orgânica, o método de saturação por bases geralmente subestima a quantidade de calcário a ser aplicada. Em geral, isso ocorre com todos os métodos vigentes. Assim, é necessário considerar a cultura a ser implantada, o histórico da área e a experiência local quanto à resposta das culturas aos corretivos de acidez do solo.

Para a cultura do milho, a calagem é necessária quando o solo apresentar concentração de $\text{Ca}^2 + \text{Mg}^2$ inferior a $3,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de solo, na razão aproximada de 3-4:1. Um exemplo disso é mostrado na Tabela 16.2, observando-se que, mesmo com a incorporação do corretivo pouco antes da semeadura do milho, houve efeito significativo na produtividade de grãos de milho e na produção da forrageira.

Por outro lado, a reação do corretivo no solo, no que se refere a alguns parâmetros físico-químicos, é relativamente rápida, como pode ser comprovado pelos dados apresentados na Tabela 16.3, em que todos os parâmetros avaliados foram substancialmente alterados pela calagem, em 50 dias.

Existem vários relatos de que o processo mais econômico de correção da acidez das camadas superficiais e subsuperficiais do solo é a utilização de uma parte de gesso (sulfato de cálcio) em mistura com calcário. O gesso contém aproximadamente 23% de cálcio e 19% de magnésio. Assim, se forem aplicados 500 kg ha^{-1} de gesso, por exemplo, só com esse insumo estariam sendo aplicados 115 kg ha^{-1} de Ca e 95 kg ha^{-1} de S, quantidades teoricamente suficientes para a obtenção de mais de 6 t ha^{-1} de milho.

Os sulfatos carregam alguns cátions-base através dos horizontes, corrigindo a acidez e favorecendo o crescimento radicular das plantas em camadas subsuperficiais. Na Tabela 16.4, é mostrado o resultado da aplicação de diferentes proporções de gesso e calcário no Sistema Barreirão. As doses extremas de qualquer um dos corretivos, aplicadas entre dois e três meses antes da semeadura do milho, tenderam a resultar em menores produtividades do milho e da forrageira *B. brizantha*. Melhores rendimentos, no entanto, foram obtidos para as misturas com relações calcário:gesso de 60% e 40% e 40% e 60%. A distribuição do cálcio no perfil do solo, no entanto, a partir da profundidade de 60 cm, foi crescente, à medida em que a mistura continha mais gesso.

Tabela 16.2. Efeito de métodos de incorporação de calcário sobre a produtividade de massa verde da planta, de grãos de milho e de matéria verde de *B. brizantha*, em área anteriormente sob pastagem degradada, na Fazenda Barreirão, em Piracanjuba, GO.

Calcário ¹ (t ha ⁻¹) / implemento	Milho			B. brizantha
	Estande (plantas m ⁻²)	Massa verde (g planta ⁻¹)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Massa verde (t ha ⁻¹)
0	6,5 a	1.767 b	1.993b	17,2 c
3 (grade aradora)	6,8 a	2.700 a	3.467 a	25,7 ab
3 (arado)	6,8 a	2.900 a	3.014 a	28,3 a
3 (grade niveladora)	6,6 a	3.073 a	3.360 a	22,0 bc
CV%	10,8	10,2	8,7	14,8
Média 0	35,33	1.767	2.743	17,2
Média 3	36,33	2.871	3.280	25,3

Nas colunas, médias seguidas pelas mesmas letras não são significativamente diferentes, segundo o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

¹Quantidade de calcário aplicada um mês antes da semeadura e, entre parênteses, método de incorporação ao solo. Fonte: Oliveira et al. (1996).

Tabela 16.3. Efeito de diferentes doses de calcário em algumas características de um Latossolo Vermelho, no período de 50 dias após a aplicação.

Calcário (t ha ⁻¹)	pH/H ₂ O (1:1,25)	Ca	Mg	Al	S	CTC	V	m
		cmol _c dm ⁻³			cmol _c kg ⁻¹		-----%-----	
0	4,8	1,7	1,4	0,3	3,5	12,4	40,0	2,5
1	5,4	4,2	3,0	0,1	7,6	14,6	52,0	0,7
2	5,6	4,1	2,3	0,0	6,8	13,0	52,0	0,0
Média	5,3	3,4	2,3	0,2			48,0	

Fonte: Adaptado de Oliveira et al. (2000).

Tabela 16.4. Efeito da mistura de gesso com calcário no estande, na produtividade do milho, híbrido BR 201, na produção de matéria verde da forrageira *B. brizantha* e nos teores de cálcio no perfil do solo, Fazenda Barreirão, Piracanjuba, GO.

Mistura calcário: gesso	Milho		M.V. da forrageira (t ha ⁻¹)	Cálcio (cmol. dm ⁻³)		
	Estande (plantas m ⁻²)	Produtividade (kg ha ⁻¹)		Profundidade (cm)		
				30	60	90
100:0 ¹	4,9 a	3.797 a	16,8	2,0	1,5	1,3
80:20	6,1 a	3.550 a	12,8	2,7	1,7	1,2
60:40	4,9 a	4.300 a	15,2	2,3	1,2	1,4
40:60	4,9 a	4.217 a	15,4	2,2	1,7	1,4
20:80	6,3 a	4.093 a	13,9	1,8	2,3	1,3
0:100 ²	6,1 a	3.493 a	13,2	1,8	2,3	1,3
Testemunha	6,1 a	1.490 b	14,3	1,9	1,5	1,3

Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey, no nível de 5% de probabilidade.

¹Correspondente a 3,0 t ha⁻¹.

²Correspondente a 5,76 t ha⁻¹.

Fonte: Oliveira et al. (1996).

Na recuperação de pastagens degradadas, tal qual no Sistema Barreirão, o tempo de reação do corretivo no solo é, em geral, insuficiente, não obedecendo ao período mínimo de 90 dias, em condições de solo úmido, entre a aplicação e a semeadura da cultura ou da forrageira. Considerando-se que o principal fator determinante da velocidade de reação de um corretivo é o tamanho de suas partículas, o calcário "filler", ou finamente moído, pode produzir melhor resultado que o calcário convencional. Na cultura do milho, embora o teste estatístico não tenha detectado diferenças, houve um acréscimo superior a 1,0 t ha⁻¹ de grãos com a utilização do "filler" e diferenças significativas na produção de matéria verde da forrageira *B. brizantha* (Tabela 16.5).

Tabela 16.5. Efeito comparativo da calagem tradicional com a microcalagem no estande, no número de espigas, na produtividade do milho e na produção de massa verde (MV) de *B. brizantha*, em solo sob pastagem degradada, Fazenda Barreirão, Piracanjuba, GO.

Calcário	Milho			MV da forrageira (t ha ⁻¹)
	Estande (plantas m ⁻²)	Espigas m ⁻¹	Produtividade (kg ha ⁻¹)	
3 t ha ⁻¹ de calcário a lanço	5,7 a	4,9 a	2.283 a	34,4 b
3 t ha ⁻¹ de "filler" a lanço	5,8 a	5,3 a	3.348 a	44,6 ab
0,3 t ha ⁻¹ de "filler" na linha	5,6a	5,4 a	3.360 a	50,8 a
0,6 t ha ⁻¹ de "filler" a lanço	5,7 a	5,4 a	3.084 a	38,6 ab
CV (%)	11,2	12,7	8,3	15,6

Nas colunas, médias seguidas pelas mesmas letras não são significativamente diferentes, segundo o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Oliveira et al. (1996).

No sistema Barreirão, os procedimentos de plantio do milho são os tradicionais. No plantio simultâneo, dependendo da espécie da forrageira, as sementes desta são misturadas ou não ao adubo do milho. É importante cuidar para que a mistura seja feita no dia do plantio e regular a profundidade de deposição do adubo + sementes para maior profundidade, cuidando para que não ultrapasse o limite, a fim de que haja emergência das plântulas, o que varia com a espécie. Geralmente, sementes de braquiária podem ser depositadas até 8 cm e de panicum, até 3 cm. As sementes do milho geralmente são depositadas a 3 cm de profundidade no solo.

É desejável estabelecer uma ou duas linhas adicionais de forrageira nas entrelinhas do milho, para melhor formação da pastagem, o que vai depender do espaçamento e do equipamento de plantio disponível. Existe, hoje, uma tendência de redução do

espaçamento entre linhas na cultura do milho, principalmente com os híbridos atuais, que são de porte mais baixo e arquitetura mais ereta. Várias pesquisas relatam aumento no rendimento de grãos de milho com redução do espaçamento entre fileiras até 0,5m. Esse comportamento se deve ao fato de os milhos atuais terem características de porte mais baixo, melhor arquitetura foliar e menor massa vegetal, o que permite cultivos mais adensados em espaçamentos mais fechados. Quanto à qualidade da silagem, pesquisa mostrou maior rendimento de proteína bruta na matéria seca da forragem no espaçamento de 0,5m, comparando com espaçamentos maiores. Esse plantio em menores espaçamentos, além de possibilitar melhor e mais rápida cobertura do solo, evita a formação de touceiras muito grandes de capim, o que poderá afetar negativamente a qualidade do próximo plantio. Outra possibilidade é o plantio defasado da forrageira em 15 a 30 dias depois da emergência do milho: planta-se o milho solteiro e, quando ele já estiver estabelecido, faz-se o semeio da forrageira.

Outros resultados serão discutidos no Sistema Santa Fé.

Em muitos casos, agropecuaristas têm adotado essa tecnologia somente para recuperar ou reformar pastagens. Um programa de adubação de manutenção e de pastejo controlado tem permitido a utilização da nova pastagem por período indeterminado, com alta produtividade. Caso essa programação não seja executada, a nova pastagem se degradará em alguns anos, sendo necessário recuperá-la novamente, conforme já salientado. É regra em ILP que a pastagem não se degrade. Se isso estiver acontecendo, mostra deficiência no planejamento da ILP adotada e que medidas corretivas são necessárias.

Recomendações importantes na implantação do sistema Barreirão: a) devido à cultura do milho não ser plenamente adaptada a cultivos de abertura de área ou sob área com pastagem degradada, o potencial de rendimento, no primeiro ano, dificilmente ultrapassa 5 t ha^{-1} ; b) para a obtenção de altas produtividades de milho, acima de 6 t ha^{-1} , é recomendável a aplicação dos corretivos de acidez do solo pelo menos um ciclo de chuvas antes da semeadura; c) em áreas recém-desbravadas ou sob pastagem degradada, onde o potencial de produção do milho é menor, a opção por variedade ou híbridos duplos resulta em economia na aquisição de sementes.

16.3.2 Sistema Santa Fé

O Sistema Santa Fé (Figura 16.3) fundamenta-se na produção consorciada de culturas de grãos, especialmente o milho, sorgo, milheto com forrageiras tropicais, principalmente as do gênero *Brachiaria* e *Panicum*, tanto no Sistema de Plantio Direto quanto no sistema convencional, em áreas de lavoura com solo parcial ou devidamente corrigido. Nesse sistema, a cultura do milho apresenta grande performance de desenvolvimento inicial, exercendo, com isso, alta competição sobre as forrageiras e evitando redução significativa nas suas capacidades produtivas de grãos. Os principais objetivos do Sistema Santa Fé são a produção de forrageira para a entressafra e palhada em quantidade e qualidade para o Sistema de Plantio Direto. O Sistema Santa Fé apresenta grande vantagem, pois não altera o cronograma de atividades do produtor e não exige equipamentos especiais para sua implantação. Através dele, é possível aumentar o rendimento da cultura de milho e das pastagens e, com isso, baixar os custos de produção, tornando a propriedade agrícola mais competitiva e sustentável. Além disso, esse sistema está viabilizando o plantio direto

em várias regiões, devido à geração de palhada em quantidade adequada. Somam-se a isso alguns benefícios agregados à palhada de braquiária, no que diz respeito ao seu efeito supressor de plantas daninhas e de fungos de solo.



Figura 16.3. Sistema Santa Fé.

16.4 Fisiologia das espécies em consórcio

As espécies forrageiras comumente utilizadas são de metabolismo C4 e de elevadas taxas de crescimento em altas irradiâncias. Por isso, a redução do crescimento das forrageiras deve ser considerada, para que o consórcio tenha êxito, com produtividades de grãos equivalentes ao sistema solteiro. Estratégias como retardar a emergência da forrageira, uso de doses reduzidas de herbicidas e populações adequadas das espécies em consórcio são fundamentais para que as áreas foliares das culturas se sobreponham às das forrageiras ao longo do ciclo. Pesquisas com o Sistema Barreirão mostram que, dispondo as sementes das

frrageiras aproximadamente a 10 cm de profundidade, retardar-se em até 13 dias a sua emergência, conseguindo-se uma ampla vantagem do índice de área foliar (IAF) da cultura sobre o da frrageira. No Sistema Santa Fé, o consórcio é geralmente conduzido em solo de média a alta fertilidade e espera-se uma maior competição da frrageira com a cultura. Por essa razão, geralmente, além da semeadura mais profunda da frrageira, em alguns casos, pode haver a necessidade do uso de herbicidas para conter seu crescimento ou plantio defasado, plantando a frrageira alguns dias após o milho.

Um estudo sobre o consórcio de milho com braquiária e com o capim mombaça mostrou que, mesmo com ou sem a aplicação de herbicida para reduzir o crescimento das frrageiras, a taxa assimilatória líquida (TAL) do milho foi maior que a das frrageiras em grande parte do ciclo da cultura. A TAL indica a eficiência fotossintética e, devido ao maior crescimento do milho e o conseqüente sombreamento que esse exerce nas frrageiras, resultou em uma maior taxa de crescimento da cultura (TCC) do milho, superando o das frrageiras e tornando o consórcio dessas espécies muito seguro. A aplicação de herbicida para redução do TCC da braquiária somente é necessária em situações em que o milho não tem um bom desenvolvimento inicial, em casos de baixa fertilidade do solo e em outras situações, tais como: estiagem prolongada no período inicial da lavoura, forte ataque de lagarta do cartucho, dificultando o desenvolvimento inicial da cultura etc.

Vários trabalhos realizados com o consórcio milho e frrageiras mostram que, na média, a presença da frrageira reduziu a produtividade em 5%. Contudo, verifica-se que, em vários casos, não há diferenças significativas entre o milho solteiro e o consorciado. Vale ressaltar que os diferentes resultados estão associados à com-

binação de vários fatores, como a população da forrageira, a época de sua implantação, os arranjos de plantio, a presença de plantas daninhas, a aplicação de herbicidas, a fertilidade do solo e as condições hídricas. Nos tratamentos em que foram aplicados os herbicidas para reduzir o crescimento da forrageira, as produções foram semelhantes às do milho solteiro, indicando que esse procedimento pode eliminar as perdas no consórcio. A seguir, discutem-se alguns desses fatores e seus efeitos na produção do milho e da forrageira.

16.5 Manejos de herbicidas e efeitos no milho e na produção de forragem

No consórcio milho e forrageiras, geralmente as aplicações de herbicidas em pré-emergência afetam o estabelecimento das forrageiras, mesmo naqueles manejos onde o plantio das forrageiras é feito junto com a cobertura nitrogenada (em torno de 20 dias após a emergência do milho). Dessa forma, são usados os herbicidas aplicados em pós-emergência das plantas daninhas e do milho. Dentre esses herbicidas, destacam-se o atrazina e alguns do grupo químico das sulfonilúreas, como o nicosulfuron, foramsulfuron e iodossulfuron methyl sodium.

No consórcio, esse herbicida é aplicado nas doses de 1.000 a 1.500 g i.a. ha⁻¹ em pós-emergência e, nessas doses, somente apresenta controle sobre as dicotiledôneas.

As sulfonilúreas são usadas em pós-emergência, com enfoque no controle de gramíneas e de algumas espécies dicotiledôneas. Já o foramsulfuron atua principalmente sobre gramíneas e o iodossulfuron methyl sodium sobre espécies de folhas largas, estando, assim, disponível no mercado como mistura pronta para a cultura do milho.

O período crítico de competição (PCC) das plantas daninhas ou forrageiras no milho ocorre entre os estádios V5 (5 folhas totalmente expandidas) e V8 ou entre 20 e 40 dias após emergência. Dessa forma, a aplicação de herbicidas pós-emergentes deve ser feita entre V4 e V5. O herbicida atrazine (atrazina) deve ser usado na dose de 1.500 g i.a.⁻¹. ha (3 L p.c. ha⁻¹), para o controle de plantas daninhas dicotiledôneas. O nicosulfuron (Sanson) é recomendado na dose de 4 a 8 g i.a. ha⁻¹ (0,1 a 0,2 L p.c. ha⁻¹). A dose maior é recomendada quando a forrageira ou plantas daninhas estão em estágios mais avançados (mais de três perfilhos). Para o consórcio do milho e panicuns (tanzânia, mombaça e outros), a dose de nicosulfuron não deve ultrapassar a 6g i.a.ha⁻¹ (0,15 L p.c. ha⁻¹), devido à sensibilidade dessas espécies aos herbicidas. Para os herbicidas foramsulfuron + iodossulfuron (Equipe-Plus), recomenda-se dose de 15 + 1 g i.a. ha⁻¹ (0,5 L p.c. ha⁻¹). Nessas doses, há uma redução do crescimento da forrageira e também das plantas daninhas em torno de 40 a 50%, suficiente para a redução da competição com o milho, no PCC.

A recuperação da toxicidade da forrageira devido aos herbicidas depende de vários fatores, como as condições hídricas, a fertilidade de solo e o próprio nível de fitotoxicidade da forrageira após a aplicação dos herbicidas. Portanto, recomenda-se não aplicar doses acima das indicadas. A consorciação de plantas forrageiras nas entrelinhas da cultura pode auxiliar na supressão da comunidade infestante. Em pesquisa realizada com o plantio de milho consorciado com diferentes forrageiras (Tabela 16.6), verificou-se que, quando o milho se desenvolveu na presença de plantas daninhas (corda-de-violão, caruru-roxo ou capim-colchão), houve uma significativa redução da produtividade entre a média da testemunha capinada e a testemunha mantida com as diferentes plantas daninhas. Entretanto, quando se utilizou o consórcio com as

forrageiras (*B. decumbens*, *B. brizantha* e *P. maximum*), com a presença das gramíneas forrageiras, ficou evidente a supressão da infestação de plantas daninhas, uma vez que os rendimentos obtidos com a consorciação foram significativamente maiores que os da testemunha (milho solteiro sem capina). Nesse estudo, o milho foi plantado com o espaçamento de 0,9 m e a forrageira plantada simultaneamente com o milho, utilizando uma densidade de plantio da forrageira de 3,0 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis, sendo plantadas duas linhas de forragem nas entrelinhas do milho.

16.6 Arranjos espaciais da forrageira e efeito no milho e na produção de forragem

Trabalhos realizados mostraram que os diferentes arranjos testados não afetaram o rendimento do milho (Tabela 16.7). Entretanto, os arranjos afetaram de forma significativa a produção de forragem, ou seja, ficou evidente que o plantio de duas linhas da forrageira na entrelinha do milho proporcionou maior produção de forragem e, ainda, quanto maior foi a distribuição em linha da forrageira maior foi a produção (menor tempo de formação do pasto). Nesses estudos, o espaçamento entre fileiras de milho foi de 1,0 m em Coimbra (MG) e 0,45 m em Ilha Solteira (SP), e a densidade de plantio da forrageira, em kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis (SPV) foi de 3,0 kg ha⁻¹, no ensaio de produção de grãos, de 3,8 kg ha⁻¹ no ensaio de produção de silagem em Coimbra e de 6,4 kg ha⁻¹, no ensaio em Ilha Solteira.

Tabela 16.6. Rendimento do milho (kg ha⁻¹) consorciado com forrageiras, em função de diferentes plantas daninhas*

Planta daninha	Com	Sem	B.		P.
	capina	capina	<i>brizantha</i>	<i>decumbens</i>	<i>maximum</i>
<i>Corda-de-viola</i>	7130 a	1980 d	4000 c	4040 c	5190 b
<i>Caruru-roxo</i>	7010 a	2350 d	4080 c	4100 c	5170 b
<i>Capim-colchão</i>	7040 a	2310 d	4070 c	4180 c	5180 b

Fonte: Severino et. al. (2005); *Em cada linha, médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 16.7. Rendimento do grãos e forragem (MV) de milho, em kg ha⁻¹, e de *B. brizantha*, em t ha⁻¹, em função de diferentes arranjos espaciais e locais de plantio.

Sistema de plantio	Local						
	Coimbra, MG		Ilha Solteira, SP		Coimbra, MG		
	grãos	Forrag*	grãos	Forrag*	MV	Forrag*	Forrag*
Plantio simultâneo com uma linha nas entrelinhas	5.570	1,15					
Plantio simultâneo com duas linhas na entrelinha	5.030	2,66			55.330	0,73	4,48
Plantio simultâneo a lanço	5.770	0,45	6.928	1,69	49.790	0,13	0,76
Plantio simultâneo na linha do milho	5.550	0,71	7.503	2,13	-		
Plantio 30 DAE do milho com uma linha entrelinha	-	-	7.677	1,45	51.920	0,05	0,05
Plantio a lanço, 30 DAE do milho	-	-	8.147	1,48			
Milho solteiro	5.910	-	7.995	-	55.920	-	-
Braquiária solteira		7,63				2,83	14,94

*Produção de forragem: Fonte: Adaptado de Jakelaitis et al. (2005); Pantano (2003) e Freitas et al. (2005).

16.7 Épocas de introdução das forrageiras e efeitos no milho e na produção de forragem

De acordo com os trabalhos citados na Tabela 16.8, verifica-se que não há diferenças de produtividade do milho entre o

plantio simultâneo da forrageira com o milho e o plantio em pós-emergência. O milho apresenta maior taxa de crescimento no início do desenvolvimento em comparação com a forrageira, o que garante o sucesso do plantio simultâneo das duas espécies. Ao contrário do milho, a produção da forrageira é extremamente afetada pela época de implantação. Verifica-se, nos trabalhos realizados, que a produção da forrageira diminui significativamente na medida em que se atrasa a introdução dessa no consórcio. O milho, por ser uma planta muito competitiva, afeta negativamente a forrageira quando essa é implantada em pós-emergência do milho. Diante desses dados, recomenda-se o plantio simultâneo da forrageira com o milho, pois o rendimento do milho não é afetado (desde que sejam seguidas as recomendações de uso de herbicidas, arranjos e densidade de plantio) e a produção da forrageira após colheita do milho atinge seu máximo potencial.

Trabalhos de pesquisa não mostraram respostas da densidade de plantio das forrageiras na produção de milho e de forragem (Tabela 16.9). Portanto, recomenda-se uma densidade de 3,0 kg ha⁻¹ de sementes puras e viáveis (SPV) para a implantação do consórcio.

Tabela 16.8. Rendimento de grãos de milho, em kg ha⁻¹ e de massa seca de forragem, em t ha⁻¹ de braquiária, em função de diferentes épocas de introdução da forrageira em sistema consorciado, em três experimentos em Piracicaba, SP e um em Ilha Solteira, SP.

Sistema de plantio	Locais			
	Piracicaba	Piracicaba	Piracicaba	Ilha Solteira
	Rendimento de milho (kg ha⁻¹)			
Milho solteiro	9.270	9.270	9.270	7.995
Consórcio, plantio simultâneo	9.690	9.700	9.333	7.503
Braquiária plantada estádio	9.280	9.500	9.450	7.677
V4 do milho	Rendimento de massa seca de forragem (t ha⁻¹)			
plantio simultâneo, colheita	1,31	1,56	1,06	2,13
plantio simultâneo, 60 DAC	3,96	3,17	2,22	-
Braquiária plantada estádio	0,37	0,35	0,33	1,45
V4 do milho, colheita				
Braquiária plantada estádio	3,16	2,21	1,85	-
V4 do milho, 60 DAC				
Forrageira	<i>B. decumbens</i>	<i>B. brizantha</i>	<i>B. ruzizensi</i>	<i>B. brizantha</i>
Espaçamento do milho (m)	0,90	0,90	0,90	0,45
Arranjo do consórcio	Uma linha na entrelinha	Uma linha na entrelinha	Uma linha na entrelinha	Uma linha na entrelinha
Densidade de plantio da forrageira (kg ha ⁻¹ de SPV)	3,0	3,0	3,0	3,17

Fonte : Adaptado de Tsumanuma (2004); Pantano (2003).

Tabela 16.9. Rendimento do milho e de massa seca de forragem em sistemas de consórcio de milho e braquiárias, em função da densidade de plantio da forrageira .

Sistema	Locais				
	Jaboticabal SP	S. Antônio GO	S. Antônio GO	S. Antônio GO	S. Antônio GO
Rendimento de grãos de milho (kg ha⁻¹)					
Milho solteiro	9270 a	8425 a	7812 a	7373 a	8103 a
Consórcio - 1,6 kg ha ⁻¹ SPV	-	7959 a	7772 a	7077 a	7028 a
Consórcio - 3,2 kg ha ⁻¹ SPV	9561 a	8012 a	8039 a	6877 a	7708 a
Consórcio - 4,8 kg ha ⁻¹ SPV	-	7898 a	7551 a	7195 a	7521 a
Consórcio - 6,4 kg ha ⁻¹ SPV	9629 a	-	-	-	-
Rendimento de massa seca de forragem (t ha⁻¹)					
Consórcio - 1,6 kg ha ⁻¹ SPV	-	5,67 a	5,21 a	10,7 a	11,2 a
Consórcio - 3,2 kg ha ⁻¹ SPV	4,48 a	6,13 a	5,78 a	9,6 a	11,0 a
Consórcio - 4,8 kg ha ⁻¹ SPV	-	6,00 a	5,19 a	11,8 a	14,7 a
Consórcio - 6,4 kg ha ⁻¹ SPV	4,55 a	-	-	-	-
Colheita da forragem em relação ao milho	colheita	50 DAC	50 DAC	50 DAC	50 DAC
Forrageira	Brachiaria decumbens	Brachiaria brizantha	Brachiaria brizantha	Panicum maximum	Panicum maximum
Espaçamento entre fileiras do milho (m)	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Plantio da forrageira	Pós emerg. V5	simultâneo	simultâneo	simultâneo	simultâneo
Arranjo	2 linhas forrag. nas entrelinhas do milho	Na linha e 1 fileira nas entrelinhas do milho	Na linha e 1 fileira nas entrelinhas do milho	Na linha e 1 fileira nas entrelinhas do milho	Na linha e 1 fileira nas entrelinhas do milho
Uso de subdose de herbicida	Não	Não	Sim	Não	Sim

Fonte: Adaptado de Bernardes (2003) e de Portela (2003).

16.8 Colheita do milho

A partir do início do secamento das folhas do milho, vai haver maior penetração de luz e a forrageira voltará a crescer em maior velocidade. Então, a colheita não deve sofrer atraso, pois a forrageira poderá crescer muito e causar transtornos (embuchamento) na colheita mecânica e operacionais na manual. Caso se decida por antecipação da colheita, deve-se ter disponí-

vel secador de grãos. Depois da colheita, dependendo da condição do pasto, deve-se fazer um pastejo rápido de formação, para estimular o perfilhamento da forrageira ou o pasto deve ser vedado. No primeiro caso, em seguida à saída dos animais, a área deve ser vedada por período suficiente para rebrota e crescimento, até a fase do pastejo definitivo, que vai depender das condições do clima. Caso o milho seja colhido para ensilagem, a área é vedada em seguida, até a época do primeiro pastejo definitivo. A altura do pastejo deve seguir as recomendações para a espécie forrageira plantada, bem como a carga animal. Depois de um ciclo de pastejo, que pode ser somente na entressafra ou de alguns anos e, ao final do período de seca, a pastagem é vedada e, no início das chuvas, dessecada, dando início a novo ciclo de cultura solteira em rotação ou em consórcio.

16.9 Referências

ALVARENGA, R. C.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; WRUCK, F. J.; CRUZ, J. C.; GONTIJO NETO, M. M. A cultura do Milho na Integração Lavoura-Pecuária. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 233, p. 106-126, 2006.

FAGERIA, N. K. Resposta do arroz de terras altas, feijão, milho e soja à saturação por base em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 416-424, 2001.

FREITAS, F. C. L.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; SANTOS, M. V.; AGNES, E. L. Cultivo consorciado de milho para silagem com *Brachiaria brizantha* no sistema de plantio convencional. **Planta Daninha**, Campinas, v. 23, n. 4, p. 635-644, 2005.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. F.; FREITAS, F. C. L.. Manejo de plantas daninhas no consórcio de milho com capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, Campinas, v. 22, n. 4, p. 553-560, 2004.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. F.; PEREIRA, J. L.; VIANA, R. G. Efeitos de herbicidas no consórcio de milho com *Brachiaria brizantha*. **Planta Daninha**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 69-78, 2005 a.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. F.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; FREITAS, F. C. L.; VIVIAN, R. Influência de herbicidas e de sistemas de semeadura de *Brachiaria brizantha* consorciada com milho. **Planta Daninha**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 59-67, 2005 b.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L.; OLIVEIRA, I. P. de.; COSTA, J. L. da.; SILVA, J. G. da.; VILELA, L.; BARCELLOS, A. de O.; MAGNOBOSCO, C. de U. **Sistema Santa Fé-Tecnologia Embrapa**: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 38).

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com o sistema santa fé. KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura e pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 407-441.

OLIVEIRA, I. P.; KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P.; DUTRA, L. G.; AQUINO PORTES, T.; SILVA, A. E.; PINHEIRO, B. S.; FERREIRA, E.; CASTRO, E. M.; GUIMARÃES, C. M.; GOMIDE, J. C.; BALBINO, L. C. **Sistema Barreirão: recuperação/renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais.** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1996. 90 p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 64).

OLIVEIRA, I. P.; CUNHA, R.; SANTOS, R. S. M. dos; FARIA, C. D. de; CUNHA, G. F. da. Efeito da correção da fertilidade do solo no desenvolvimento da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em latossolo com diferentes históricos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 30, n. 1, p. 57-64, 2000.

PANTANO, A. C. Semeadura de braquiária em consorciação com milho em diferentes espaçamentos na integração agricultura-pecuária em plantio direto., 2003. Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

PORTELA, C. M. de O. **Efeito de herbicidas e diferentes populações de forrageiras consorciadas com as culturas de soja e milho, no Sistema Santa Fé/Caio Machado de Oliveira Portela.** 2003. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

SEVERINO, F. J.; CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFOLETI, P. J. Interferências mútuas entre a cultura do milho, espécies forrageiras e plantas daninhas em um sistema de consórcio. I- Implicações sobre a cultura do milho (*Zea mays*). **Planta Daninha**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 589-596, 2005.

TSUMANUMA, G. M. **Desempenho do milho consorciado com diferentes espécies de braquiárias, em Piracicaba, SP.** 2004. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

YOKOYAMA, L. P.; KLUTHCOUSKI, J.; OLIVEIRA, I. P. de. **Impactos socioeconômicos da tecnologia "Sistema Barreirão".** Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA-CNPAP, 1998.37 p. (EMBRAPA-CNPAP. Boletim de Pesquisa, 9).



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo**

Rod. MG 424 km 45 - Caixa Postal 151

35701-970 Sete Lagoas, MG

Fone: (31) 3027-1100 - Fax: (31) 3027-1188

www.cnpms.embrapa.br

sac@cnpms.embrapa.br

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

