



---

## Milho

## Cultivo do Milho

---

### Sumário

Apresentação  
Economia da produção  
Zoneamento agrícola  
Ecofisiologia  
Manejo de solos  
Fertilidade de solos e Adubação  
Cultivares  
Plantio  
Irrigação  
Plantas daninhas  
Doenças  
Pragas  
Colheita e pós-colheita  
Mercado e comercialização  
Coeficientes técnicos  
Referências  
Glossário

### Dados Sistema de Produção

#### Embrapa Milho e Sorgo

Sistema de Produção, 1

ISSN 1679-012X 1

Versão Eletrônica  
9ª edição | Nov/2015



## Cultivo do Milho

### Apresentação

Para a safra 2014/15, já foram disponibilizadas no mercado de sementes 478 cultivares de milho (onze a mais do que na safra anterior), sendo 292 cultivares transgênicas e 186 cultivares convencionais. Pelo segundo ano consecutivo, o número de cultivares transgênicos é maior do que o de cultivares convencionais. Além disso, como novidade no mercado, estão sendo comercializados dois híbridos duplos transgênicos, o que aumenta o leque de escolha para agricultores com menor capacidade de investimento. Atualmente, existem no Brasil produtores que já estão obtendo rendimentos de milho superiores a  $12 \text{ t/ha}^{-1}$  (200 sacos/ $\text{ha}^{-1}$ ) e ainda existem outros grupos de produtores que utilizam melhor tecnologia levando-os a produzirem acima de  $14 \text{ t/ha}^{-1}$ . Entretanto, as produtividades médias alcançadas por outros agricultores dessas regiões onde se obtêm produções acima de  $12 \text{ t/ha}^{-1}$  são bem inferiores, demonstrando uma grande variação entre os sistemas de produção em uso no Brasil, o que proporciona grande variabilidade no potencial produtividade e de rendimento por área.

As mudanças que vêm ocorrendo nos sistemas de produção de milho no Brasil comprovam a profissionalização dos produtores. Essas mudanças, associadas ao papel cada vez mais importante de técnicos, consultores e extensionistas das redes públicas e privadas, além do maior fluxo de informações via mídias especializadas, têm levado o produtor a cada vez mais se profissionalizar no setor produtivo do agronegócio. Além disso, várias tecnologias ligadas à cultura foram implementadas, ou ainda estão sendo implementadas no setor agrícola brasileiro. Dentre elas, destacam-se:

1. Utilização de cultivares de alto potencial genético (híbridos simples e triplos) e de cultivares não transgênicas e transgênicas com resistência a lagartas e ao uso do herbicida glifosato.
2. Espaçamento reduzido associado à maior densidade de plantio, permitindo melhor controle de plantas daninhas, controle de erosão, melhor aproveitamento de água, luz e nutrientes, além de permitir uma otimização das máquinas plantadoras.
3. Melhoria na qualidade das sementes associada ao tratamento dos grãos, especialmente o tratamento industrial, máquinas e equipamentos de melhor qualidade, que garante boa plantabilidade boa distribuição das plantas emergidas, garantindo assim maior índice de sobrevivência do plantio à colheita.
4. Uso intensivo do Manejo Integrado de Pragas, Doenças e Plantas Daninhas (MIP).
5. Correção do solo baseando-se em dados de análise e levando em consideração o sistema, e não a cultura individualmente.

Além dessas, deve ser enfatizada a utilização de tecnologias como o sistema de plantio direto, a integração lavoura-pecuária, a agricultura de precisão e melhores técnicas de irrigação, que têm permitido uma melhoria do potencial produtivo das lavouras.

A produção de milho no Brasil é caracterizada pelo plantio em duas épocas: primeira safra (ou safra de verão) e segunda safra (ou safrinha). Os plantios de verão são realizados em todos os estados, na época tradicional, durante o período chuvoso, que ocorre no final de agosto, na região Sul, até os meses de outubro/novembro, no Sudeste e Centro-Oeste. Na região Nordeste, esse período ocorre no início do ano. A Conab (Companhia Nacional de Abastecimento) classifica como segunda safra a safrinha propriamente dita e a safra de inverno plantada em Rondônia, Tocantins e em determinadas regiões da Bahia e de Sergipe.

A safrinha refere-se ao milho de sequeiro, plantado extemporaneamente, geralmente de janeiro a março ou até, no máximo, meados de abril, quase sempre depois da soja precoce e predominantemente na região Centro-Oeste e nos estados do Paraná, São Paulo e Minas Gerais. Tem-se verificado, nos últimos anos, decréscimo nas áreas plantadas da primeira safra, mas compensado pelo aumento do plantio no período da safrinha e no aumento do rendimento de grãos das lavouras de milho, tanto na primeira safra quanto na safrinha. Apesar das condições desfavoráveis de clima, os sistemas de produção da safrinha têm sido aprimorados e adaptados a essas condições, o que tem contribuído para elevar os rendimentos das lavouras também nessa época.

De acordo com a Conab (abril de 2014), a área cultivada com o milho na primeira safra em 2013/14 foi de 6.629,4 mil hectares, 2,3% menor que a de 2012/2013. Na segunda safra de 2014, foram plantados 8.836,5 mil hectares, ou seja, 33,2% a mais que a área plantada na primeira safra.

A área total cultivada com milho, resultante da soma da primeira e segunda safras, alcançou 15.829,3 mil hectares, apresentando crescimento de 4,0% em relação à safra anterior, de 15.156,7 mil hectares, gerando uma produção de 75.455,6 milhões de toneladas.

A produtividade média da primeira safra foi de 4.754 kg ha<sup>-1</sup>, 6,7% menor que a safra 2012/13, que alcançou 5.079 kg ha<sup>-1</sup>. Esta queda é refletida pelas produtividades dos estados das regiões Sudeste, Centroeste, Sul e do Nordeste, seriamente castigados pela falta de chuvas nos meses de plantio e durante o ciclo de desenvolvimento da cultura, bem como outras adversidades climáticas ocorridas.

A produtividade média da segunda safra de milho foi de 4,973 kg ha<sup>-1</sup>, 4,1% menos que a obtida na safra passada, refletindo as más condições climáticas ocorridas no período.

Pela ponderação das produtividades das duas safras, a média nacional de 2013/2014 deve ficar em 4.879kg ha<sup>-1</sup>, 5,2% menor que a safra anterior, quando em 2012/2013 alcançou 5.149 kg ha<sup>-1</sup>.

A produção brasileira de milho esperada para a safra 2013/14 passa a ser de 75.455,6 milhões de toneladas. Ela é resultado de 31,515,3 milhões de toneladas produzidas na primeira safra e de 43.940,3 milhões de toneladas esperadas para a segunda safra.

Mais informações sobre estatísticas e a atual conjuntura econômica relacionada à cultura do milho podem ser encontradas na página do Centro de Inteligência do Milho (CIMilho).

**Autores deste tópico:**Israel Alexandre Pereira Filho

# Economia da produção

## Introdução

O desenvolvimento da produção e do mercado do milho devem ser analisados sob a ótica das cadeias produtivas ou dos sistemas agroindustriais (SAG). O milho é insumo para produção de uma centena de produtos (nos EUA esse número chega a milhares); porém, na cadeia produtiva de suínos e aves são consumidos aproximadamente 70% do milho produzido no mundo e entre 70% e 80% do milho consumido no Brasil. Assim sendo, para uma melhor abordagem do que está ocorrendo no mercado do milho é importante, além da análise de dados relativos ao produto milho "per si", uma visão do panorama mundial e nacional da produção e consumo da carne de suíno e de frango e de como o Brasil se posiciona neste contexto, para que seja possível o melhor entendimento das possibilidades futuras do milho no Brasil.

## Panorama internacional

### Produção de milho

Os maiores produtores mundiais de milho são os Estados Unidos, a China e o Brasil, que, em 2013/14, produziram: 353,72; 217,73; e 78 milhões de toneladas, respectivamente (Tabela 1). Apesar do recorde norte-americano, o crescimento da produção nos dois últimos merece destaque. No período de 2005/06 a 2013/14, o crescimento de produção de milho na China e no Brasil foi impressionante, crescendo 56% e 87%, respectivamente. O crescimento da produção brasileira alçou o país em uma nova posição no mercado internacional, na qual passou a brigar pelo posto de segundo maior exportador mundial da cultura. Lembrando que em 2012/13, por causa da escassez de milho norte-americano no mercado, o Brasil aproveitou a safra superior a 80 milhões de toneladas para ser o maior exportador mundial de milho no ano.

A safra 2012/13 de milho, assim como de outras culturas, no hemisfério norte sofreu com as secas promovidas pelo fenômeno climático *El Niño*. No início do atual ano agrícola, os EUA esperavam colher, devido ao recorde de área plantada, 376 milhões de toneladas de milho, mas a seca de julho e agosto fez o USDA rebaixar a previsão para 273,79 milhões, uma quebra superior a 100 milhões de toneladas. A Ucrânia também teve que enfrentar os efeitos adversos de uma estiagem, o que diminuiu a produção para 21 milhões de toneladas, ante uma projeção inicial de 24 milhões de toneladas.

A seca que atingiu o hemisfério norte no verão em meados de 2012, anteriormente causou prejuízos no verão do hemisfério sul, no final de 2011. A Argentina produziu apenas 21 milhões de toneladas, o que é um montante muito ruim, dado que esperava colher uma safra recorde de 28 milhões de toneladas. A safra verão de 2011/12 na região Sul do Brasil teve grandes perdas, mas pode se recuperar com uma produção recorde na segunda safra.

Os EUA responderam à quebra de safra de 2012/13 com uma produção recorde em 2013/14, superando pela primeira vez a marca de 350 milhões de toneladas.

**Tabela 1.** Principais países produtores de milho – 2005/06-2013/14.

País	Produção (milhões t)								
	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14
<b>EUA</b>	282,31	267,60	331,18	307,14	332,55	316,17	313,95	273,83	353,72
<b>China</b>	139,37	151,60	152,30	165,90	163,97	177,25	192,78	205,61	218,49
<b>Brasil</b>	41,70	51,00	58,60	51,00	56,10	57,40	73,00	81,50	78,00
<b>México</b>	19,50	22,35	23,60	24,23	20,37	21,06	18,73	21,59	22,40
<b>Índia</b>	14,71	15,10	18,96	19,73	16,72	21,73	21,76	22,26	23,00
<b>UE</b>	61,16	53,83	47,56	62,32	56,95	56,17	68,12	58,86	63,99
<b>Argentina</b>	20,50	15,80	22,50	22,00	15,00	23,30	25,20	21,00	24,00
<b>Canadá</b>	9,36	8,99	11,65	10,59	9,56	12,04	11,36	13,06	14,20
<b>Ucrânia</b>	8,80	7,15	6,40	7,40	11,40	10,49	11,92	22,84	30,90

Fonte: USDA.

De uma produção mundial total de milho na safra 2013/14, no valor de 984 milhões de toneladas, segundo dados do USDA, cerca de 125,5 milhões foram comercializadas internacionalmente (aproximadamente 12,7 % da produção total em 2013/14). Isto é indicativo de que o milho destina-se principalmente ao consumo interno. No caso do Brasil, deve-se ressaltar que, dado seu baixo preço de mercado (metade do valor da soja), 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 que a logística de transporte é desfavorável.

O mercado mundial de milho no ano agrícola 2013/14 foi abastecido basicamente por quatro países: os Estados Unidos (48,77 milhões de t de exportações), o Brasil (20,5 milhões de t), a Ucrânia (20 milhões de t) e a Argentina (13,5 milhões de t). Juntos, os quatro países responderam por 82% do mercado internacional de milho em 2013/14. A principal vantagem destes países é uma logística favorável, excetuando-se o Brasil, que pode ser decorrente da excelente estrutura de transporte (no caso dos EUA), a proximidade dos portos (caso da Argentina) ou a proximidade aos grandes mercados importadores (caso da Ucrânia). O Brasil, nas últimas safras, tem se destacado como terceiro ou quarto maior exportador mundial de milho; porém, a deficiência da estrutura de transporte até aos portos tem prejudicado o País na busca de uma presença maior e mais constante no comércio internacional de milho.

Em 2013/14, os principais importadores de milho foram o Japão (15,5 milhões de t), o México (10,7 milhões de t), a Coreia do Sul (10,0 milhões de t) e o Egito (8,0 milhões de t). Outros importadores relevantes são os países da Comunidade Europeia (15,5 milhões de t) e do Sudeste Asiático (9,8 milhões de t) e a China (3,5 milhões de toneladas).

Um fato importante a destacar é que a produção chinesa, em um futuro próximo poderá não ser suficiente para atender sua demanda crescente. O consumo de 159 milhões de toneladas na safra 2009/2010 passou para 200 milhões na safra 2012/2013 e poderá alcançar 222 milhões na safra 2014/2015, segundo projeções do USDA. Assim, a China deverá se estabelecer como importadora líquida de milho no futuro, contrastando com o seu papel de exportador em passado recente. Espera-se que a China, venha a se tornar o maior importador de milho no mundo no final da década. Essa situação abrirá um mercado de cerca de oito ou nove milhões de toneladas adquiridas anualmente por países asiáticos que, tradicionalmente, compravam da China, sem contar que as compras chinesas devem ultrapassar os 20 milhões de toneladas, segundo projeções do USDA.

Para finalizar, nos últimos anos, vem ocorrendo um processo de incremento de produção de etanol a partir do milho nos Estados Unidos, que decorre da política energética do país. Tal fato vem aumentando o consumo interno deste cereal e reduzindo as quantidades disponíveis para exportação. O país,

tradicionalmente, detinha mais de 50% da quantidade comercializada internacionalmente, mas esse fato mudou nos anos recentes. No ano agrícola de 2011/2012, foi a primeira vez em 40 anos que a participação americana nas exportações mundiais ficou abaixo dos 50%. A grande seca de 2012 reduziu ainda mais a disponibilidade de milho para exportação, e o *market share* do país no mercado internacional de milho ficou abaixo de 20%. Mesmo com a recuperação das vendas externas com a safra recorde de 2013/14, e a retomada do posto de maior exportador, a participação ficou 38,9%.

## 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 55 milhões de toneladas em 2013. O segundo lugar é ocupado pela União Europeia, com mais de 22 milhões de toneladas, seguida dos Estados Unidos, com cerca de 10,5 milhões de toneladas. Observa-se na tabela 2 que, entre 2006 e 2013, ocorreu um pequeno acréscimo de 15,9% na produção brasileira, enquanto que a produção da China aumentou aproximadamente 19,6%.

**Tabela 2.** Principais países produtores de carne suína - 2006-2013.

Países	Produção (1.000 t)							
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
China	46.505	42.878	46.205	48.905	50.712	50.604	53.427	55.620
UE	21.791	22.858	22.596	22.159	22.627	22.953	22.526	22.390
EUA	9.559	9.962	10.599	10.442	10.186	10.331	10.555	10.530
Brasil	2.830	2.990	3.015	3.130	3.195	3.227	3.330	3.280
Rússia	1.805	1.910	2.060	2.205	1.981	2.064	2.175	2.300
Vietnã	1.713	1.832	1.850	1.850	2.090	2.130	2.175	2.220
Canadá	1.748	1.746	1.786	1.789	1.779	1.812	1.840	1.820
Japão	1.247	1.250	1.249	1.310	1.292	1.267	1.297	1.309
Filipinas	1.215	1.250	1.225	1.240	1.260	1.288	1.310	1.350
México	1.109	1.152	1.161	1.162	1.175	1.202	1.239	1.281
Coréia do Sul	1.000	1.043	1.056	1.062	1.110	837	1.086	1.252
Outros	5.201	5.387	5.240	5.219	2.900	3.011	3.022	3.051
<b>Total Mundial</b>	<b>95.723</b>	<b>94.258</b>	<b>98.042</b>	<b>100.473</b>	<b>102.899</b>	<b>103.468</b>	<b>106.828</b>	<b>109.452</b>

Fonte: USDA.

O consumo per capita registrado com Brasil, de 12 kg/hab./ano, ainda é baixo quando comparado com o observado na China, nos Estados Unidos e na União Europeia, que é de 30, 28 e 42 kg/hab./ano, respectivamente. O crescimento recente verificado na China é impressionante, pois, nos últimos anos, foi incorporada à produção uma quantidade quase equivalente ao total de carne suína produzida anualmente na Alemanha (individualmente terceiro

maior produtor mundial de carne suína). Com certeza este crescimento está exercendo uma forte pressão sobre a quantidade demandada de milho 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 os observados na União Europeia (US\$1,10/kg vivo) e nos Estados Unidos (US\$0,77/kg vivo). Além disso, os números de animais por km<sup>2</sup>, que são de 50,6 na China; 36,8 na União Europeia e 10,2 nos Estados Unidos, são substancialmente maiores que os aproximadamente 4,5 animais por km<sup>2</sup> 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, estas considerações crescem de importância e tem direcionado a produção para áreas com menor concentração de animais e menor impacto ambiental da disposição dos resíduos, localizadas principalmente na região Centro-Oeste.

Com relação à produção de carne de frango, os Estados Unidos, com quase 17 milhões de toneladas em 2013, é o maior produtor mundial, seguido pela China e o Brasil (Tabela 3). No período de 2006 a 2013, o Brasil teve um incremento de quase 3 milhões de toneladas na sua produção, resultando em crescimento de 31%, maior do que o observado em concorrentes como os EUA, cuja produção aumentou apenas 6,5% no período.

**Tabela 3.** Principais países produtores de carne de aves. 2006-2013.

Países	Produção (1.000 t)							
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
EUA	15.930	16.226	16.561	15.935	16.563	16.694	16.621	16.976
China	10.350	11.291	11.840	12.100	12.550	13.200	13.700	13.350
Brasil	9.335	10.305	11.033	11.023	12.312	12.863	12.645	12.308
UE	7.740	8.320	8.594	8.756	9.202	9.320	9.565	9.800
México	2.592	2.683	2.853	2.781	2.822	2.906	2.958	3.002
Índia	2.000	2.240	2.490	2.550	2.650	2.900	3.160	3.450
Rússia	1.180	1.350	1.550	1.790	2.310	2.575	2.830	3.010
Argentina	1.200	1.320	1.430	1.500	1.680	1.770	2.014	2.060
Turquia	-	-	-	1.180	1.420	1.619	1.707	1.760
Tailândia	1.100	1.050	1.170	1.200	1.280	1.350	1.550	1.500
Indonésia	-	-	-	1.409	1.465	1.515	1.540	1.550
Outros	10.609	11.084	11.358	13.222	13.981	14.487	14.953	15.307
<b>Total Mundial</b>	<b>64.496</b>	<b>68.451</b>	<b>71.569</b>	<b>72.004</b>	<b>78.235</b>	<b>81.199</b>	<b>83.243</b>	<b>84.073</b>

Fonte: USDA

## Panorama nacional

## Produção de milho

A produção de milho no Brasil tem se caracterizado pela divisão da produção em duas épocas de plantio. 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 este 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.

Ao longo das últimas décadas, tem-se verificado um decréscimo na área plantada no período da primeira safra, devido à concorrência com a soja, mas que tem sido compensado pelo aumento dos plantios na "safrinha". É importante fazer uma ressalva: a expressão "safrinha" decorre do fato de que quando esta surgiu era uma safra pequena e de baixa produtividade, mas que, ao longo das últimas duas décadas, foi ganhando representatividade. 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 estas condições, o que tem contribuído para elevar os rendimentos das lavouras. A denominação safrinha, apesar de ter perdido um pouco a razão de ser, permanece por já ser consagrada no Brasil.

A safra 2011/12 pode vir a se tornar um divisor de águas para a produção de milho no Brasil. Pela primeira vez, a produção na safrinha ultrapassou o colhido na safra verão. A perpetuação desse fato deve ajudar a consolidar a expressão "segunda safra" de milho e fazer a denominação "safrinha" cair em desuso.

**Tabela 4.** Produção Brasileira de Milho.

Safra	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14
<b>Produção (1.000 t)</b>								
<b>Total</b>	51.369,9	58.652,3	51.003,8	56.018,1	57.406,9	72.979,5	81.505,7	78.554,0
<b>1ª Safra</b>	36.596	39.964	33.654	34.079	34.946	33.867	34.576	31.681
<b>2ª Safra</b>	14.773,0	18.688,1	17.349,0	21.938,8	22.460,3	39.112,7	46.928,9	46.872,6
<b>Área plantada (1.000 ha)</b>								
<b>Total</b>	14.054,9	14.765,7	14.171,8	12.993,9	13.806,1	15.178,1	15.829,3	15.769,1
<b>1ª Safra</b>	9.493,9	9.635,6	9.270,5	7.724,0	7.637,7	7.558,5	6.783,1	6.642,1
<b>2ª Safra</b>	4.561,0	5.130,1	4.901,3	5.269,9	6.168,4	7.619,6	9.046,2	9.127,0
<b>Rendimento (kg.ha-1)</b>								
<b>Total</b>	3.655	3.972	3.599	4.311	4.158	4.808	5.149	4.982
<b>1ª Safra</b>	3.855	4.148	3.630	4.412	4.576	4.481	5.097	4.770
<b>2ª Safra</b>	3.239	3.643	3.540	4.163	3.641	5.133	5.188	5.136

Fonte: CONAB.

Nota-se na Tabela 4 que, apesar da diminuição progressiva da área de plantio da primeira safra, a produção tem crescido. Este equilíbrio tem sido obtido pelo incremento da produtividade agrícola nos principais estados produtores, nos quais, a produtividade média na safra de verão (1ª safra) já alcançou a marca de 5 t/ha em 2012/13. A produtividade na segunda safra sempre foi menor que da safra normal; entretanto, grande parte das lavouras de milho de inverno sucedem plantações de soja, cujos produtores são conhecidos pela alta tecnologia aplicada. Assim, o aumento de produtividade da segunda



safrã decorre da maior utilizaçãõ de tecnologias de produçãõ nesta época de plantio, apesar das restrições climáticas. Nesse sentido, a segunda safrã superou a marca de 5 t/ha nos últimos 3 anos, que, somados a maior área no inverno, sãõ os grandes responsáveis pelo aumento da produçãõ de milho no Brasil a partir de 2011/12.

A baixa produtividade média de milho no Brasil, quando comparado com a média obtida pelos grandes *players* mundiais, não reflete o bom nível tecnológico já alcançado por boa parte dos produtores voltados para lavouras comerciais. Que decorre do fato de que as médias sãõ obtidas nas mais diferentes regiões, em lavouras com diferentes sistemas de cultivos e finalidades. Na regiãõ Nordeste, por exemplo, usualmente, planta-se 3 milhões de hectares de milho (um pouco menos de 20% da área plantada de milho no Brasil) com produtividades, na média de 2,2 kg por ha em plantios de verãõ e 3,5 t por ha em plantios de inverno.

O milho é cultivado em praticamente todo o território brasileiro, sendo que, na safrã 21013/14, quase 88% da produçãõ concentrou-se no centro-sul do país. A regiãõ Sul respondeu por 31,6% da produçãõ, o Sudeste por 13,70% da produçãõ e o Centro-Oeste por 42,64% da produçãõ. Além da representatividade, a participaçãõ dessas regiões em área plantada e produçãõ vêm se alterando ao longo dos anos, com a regiãõ Centro-Oeste aumentando a sua participaçãõ em detrimento das regiões Sul e Sudeste. Para ilustrar isso, considere o fato de que o Sul e o Sudeste, em 2006/07, produziam, respectivamente, 44,5% e 20,2% do milho brasileiro. A partir da safrã 2011/12, o Centro-Oeste tomou a posiçãõ do Sul como maior regiãõ produtora de milho no país, e tem firmado essa posiçãõ nas safras posteriores.

O aumento da participaçãõ do Centro-Oeste na produçãõ de milho no Brasil deve-se à segunda safrã, pois no verãõ a cultura perdeu espaço na regiãõ, principalmente para a soja. As evoluções da produçãõ de milho 1ª safrã e 2ª safrã, nas principais regiões produtoras e respectivos estados, sãõ apresentadas nas Tabelas 5 e 6.

**Tabela 5.** Evoluçãõ da produçãõ de milho na 1ª safrã, Brasil (1.000 t)

REGIÃO/UF	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14
<b>CENTRO-OESTE</b>	<b>4.583,4</b>	<b>5.458,1</b>	<b>4.480,5</b>	<b>3.628,6</b>	<b>4.001,2</b>	<b>5.723,2</b>	<b>4.114,4</b>	<b>3.184,9</b>
MT	790,9	790,4	530,7	409,0	366,3	584,5	535,2	422,2
MS	560,6	626,4	501,8	375,8	308,2	458,9	369,6	225,5
GO	2.966,2	3.764,1	3.202,0	2.643,2	3.097,6	4.378,4	2.879,2	2.161,5
DF	265,7	277,2	246,0	200,6	229,1	301,4	330,4	375,7
<b>SUDESTE</b>	<b>9.613,2</b>	<b>10.239,2</b>	<b>9.852,5</b>	<b>9.481,9</b>	<b>9.644,3</b>	<b>10.772,7</b>	<b>10.637,5</b>	<b>8.060,9</b>
MG	6.158,7	6.412,8	6.367,5	5.920,0	6.198,1	7.284,2	6.834,4	5.742,5
ES	90,7	95,3	96,9	74,2	81,7	76,5	61,4	60,5
RJ	23,5	19,8	20,4	17,5	16,9	14,9	13,3	10,3
SP	3.340,3	3.711,3	3.367,7	3.470,2	3.347,6	3.397,1	3.728,4	2.247,6
<b>SUL</b>	<b>18.626,2</b>	<b>19.120,2</b>	<b>14.036,1</b>	<b>16.259,0</b>	<b>15.394,3</b>	<b>12.868,6</b>	<b>15.899,4</b>	<b>14.581,2</b>
PR	8.804,2	9.708,8	6.522,1	6.866,7	6.046,5	6.578,9	7.156,5	5.379,2
SC	3.863,5	4.089,4	3.265,2	3.798,4	3.571,5	2.947,0	3.359,4	3.485,0
RS	5.958,5	5.322,0	4.248,8	5.593,9	5.776,3	3.342,7	5.383,5	5.717,0
<b>CENTRO-SUL</b>	<b>32.822,8</b>	<b>34.817,5</b>	<b>28.369,1</b>	<b>29.369,5</b>	<b>29.039,8</b>	<b>29.364,5</b>	<b>30.651,3</b>	<b>25.827,0</b>
<b>BRASIL</b>	<b>36.596,7</b>	<b>39.964,1</b>	<b>33.654,9</b>	<b>34.079,2</b>	<b>34.946,7</b>	<b>33.867,1</b>	<b>34.576,7</b>	<b>31.681,4</b>

Fonte: CONAB

**Tabela 6.** Evolução da produção de milho na 2ª safra, Brasil (1.000 t)

REGIÃO/UF	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14
<b>CENTRO-OESTE</b>	<b>8.410,6</b>	<b>11.228,2</b>	<b>11.083,7</b>	<b>13.278,2</b>	<b>13.314,4</b>	<b>25.393,1</b>	<b>31.796,2</b>	<b>30.309,5</b>
MT	5.074,0	7.016,5	7.551,00	7.709,10	7.253,40	15.025,90	19.357,80	16.716,90
MS	2.390,8	2.897,9	1.810,1	3.361,5	3.115,0	6.117,5	7.451,1	7.305,0
GO	921,3	1.267,0	1.696,9	2.152,8	2.912,2	4.197,5	4.816,9	5.837,6
DF	24,5	46,8	25,70	54,80	33,80	52,20	170,40	450,00
<b>SUDESTE</b>	<b>740,0</b>	<b>1.178,4</b>	<b>1.082,5</b>	<b>1.233,7</b>	<b>1.308,0</b>	<b>2.027,4</b>	<b>2.040,2</b>	<b>2.701,6</b>
MG	98,1	216,3	176,0	163,6	328,7	523,2	617,8	1.229,1
SP	641,9	962,1	906,5	1.070,1	979,3	1.504,2	1.422,4	1.472,5
<b>SUL</b>	<b>5.047,1</b>	<b>5.659,4</b>	<b>4.578,6</b>	<b>6.576,6</b>	<b>6.201,3</b>	<b>10.178,2</b>	<b>10.485,9</b>	<b>10.242,6</b>
PR	5.047,1	5.659,4	4.578,6	6.576,6	6.201,3	10.178,2	10.485,9	10.242,6
<b>CENTRO-SUL</b>	<b>14.197,7</b>	<b>18.066,0</b>	<b>16.744,8</b>	<b>21.088,5</b>	<b>20.823,7</b>	<b>37.598,7</b>	<b>44.322,3</b>	<b>43.253,7</b>
<b>BRASIL</b>	<b>14.773,0</b>	<b>18.688,1</b>	<b>17.349,0</b>	<b>21.938,8</b>	<b>22.460,3</b>	<b>39.112,7</b>	<b>46.928,9</b>	<b>46.872,6</b>

Fonte: CONAB.

O aumento de participação do milho safrinha na produção total nacional decorre do incremento considerável dessa segunda safra nos estados do Centro-Oeste e do Estado do Paraná. Entre as safras 2010/2011 e 2011/12, ocorreu um aumento de produção de 82,58% da produção da segunda safra no Centro-Oeste (sendo que no Mato Grosso esse aumento foi de 103,86%) e no Paraná esse aumento alcançou 69,62%.

## 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 suína. A tabela 7 mostra a evolução da produção de carnes no Brasil.

No que se refere à carne de frango, este é o segmento do setor de proteínas animais que mais cresce no país, sendo impulsionado pelas exportações. Do total de carnes de frango produzidas em 2013, cerca de 72 % destinaram-se ao mercado interno e 28 % foram exportados. O Brasil é o maior exportador mundial de carne de frango. Em 2013, o País exportou 3,48 milhões de toneladas, representando 34% das exportações mundiais. Em comparação com o mercado de carnes de suínos e bovinos, o mercado de carne de aves é o que mais cresce, totalizando 31% entre 2006 e 2013. O mercado de carnes de bovinos está relativamente estagnado, crescendo somente 7,2% em 8 anos.

**Tabela 7.** Evolução da produção de carnes no Brasil (em 1.000 t), 2006-2013.

TIPO	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
------	------	------	------	------	------	------	------	------

Frango	9.355	10.305	11.033	11.023	12.312	12.863	12.645	12.308
Suínos	2.830	2.990	3.015	3.130	3.125	3.227	3.330	3.280
Bovinos	9.025	9.303	9.024	8.935	9.115	9.030	9.307	9.675

Fonte: USDA

A evolução das exportações brasileiras de carnes está na Tabela 8. As exportações de carne de frango cresceram mais do que proporcionalmente ao aumento da produção. Além disso, o mercado interno tem ajudado no consumo da produção de carnes de frango, pois enquanto as exportações aumentaram 1 milhão de toneladas, a produção aumentou 3 milhões. A maior disponibilidade interna de carne de frango foi absorvida pelo crescimento do consumo *per capita*. Entre 2003 e 2010, o consumo *per capita* da carne de frango aumentou 30%, passando de 33,89 kg para 44,09 kg.

**Tabela 8.** Evolução das exportações brasileiras de carnes (em 1.000 t), 2006-2013.

TIPO	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Frango	2.502	2.922	3.242	3.222	3.272	3.443	3.508	3.482
Suínos	639	730	625	707	619	584	661	585
Bovinos	2.084	2.189	1.801	1.596	1.558	1.340	1.524	1.849

Fonte: USDA

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, principalmente em Goiás. 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 infraestrutura, 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.

## Mercado do milho

O milho se caracteriza por se destinar tanto para o consumo humano como por ser empregado para alimentação de animais. Em ambos os casos, algum tipo de transformação industrial ou na própria fazenda pode ser necessária. Um resumo de possíveis utilizações do milho pode ser encontrado no Quadro 1. Nas seções seguintes, as principais transformações necessárias para o consumo animal e humano serão exploradas.

**Quadro 1.** Os múltiplos uso do milho (planta, espiga e grão) no Brasil.

### Destinação

Uso Animal Direto

Uso Humano Direto de Preparo Caseiro

### Forma/Produto Final

Silagem; Rolão; Grãos (inteiro/desintegrado) para aves, suínos e bovinos.

Espiga assada ou cozida; Pamonha; Curau; Pipoca; Minimilho; Pães; Bolos; Broas;

Indústria de Rações	Cuscuz; Polenta; Angus; Sopas; Farofa.
Indústria de Alimentos Produtos Finais	Rações para aves (corte e postura); outras aves; Suínos; Bovinos (corte e leite); Outros mamíferos.
Intermediários	Amidos; Fubás; Farinhas comuns; Farinha pré-cozidas; Flocadas; Canjicas; Óleo; Creme; Pipocas; Glicose; Dextrose.
Xarope de Glucose	Canjicas; Sêmola; Semolina; Moído; Granulado; Farelo de germe.
Xarope de Glucose com alto teor de maltose	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.
Corantes Caramelo	Cervejas
Maltodextrinas	Refrigerantes; Cervejas; Bebidas alcoólicas; Molhos.
Amidos Alimentícios	Aromas e essências; Sopas desidratadas; Pós para sorvetes; Complexos vitamínicos; Produtos achocolatados.
Amidos Industriais	Biscoitos; Melhoradores de farinhas; Pães; Pós para pudins; Fermento em pó; Macarrão; Produtos farmacêuticos; Balas de goma.
Dextrinas	Para papel; Papelão ondulado; Adesivos; Fitas Gomadas; Briquetes de carvão; Engomagens de tecidos; Beneficiamento de minérios.
Pré-Gelatinizados	Adesivos; Tubos e tubetes; Barricas de fibra; lixas; Abrasivos; Sacos de papel; multifolhados; Estampagem de tecidos; Cartonagem; Beneficiamento de minérios.
Adesivos	Fundição de peças de metal.
Ingredientes Protéicos	Rotulagem de garrafas e de latas; Sacos; Tubos e tubetes; Fechamento de caixas de papelão; Colagem de papel; madeira e tecidos.
	Rações para bovinos; suínos; aves e cães.

**Fonte:** [Jornal Agroceres \(1994\)](#).

## 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.

Os produtos oriundos do consumo industrial do milho são matérias-primas para a indústria alimentícia, sendo processadas pelas indústrias moageiras a seco e úmido. A moagem seca é o processo mais utilizado no Brasil, pois, devido a sua relativa simplicidade, não demandam grandes investimentos tecnológicos. Deste processo, resultam subprodutos de diversos segmentos, como a farinha de milho, o fubá, a quirera, farelos, óleo e farinha integral desengordurada. A fabricação desses produtos é feita predominantemente por indústrias nacionais espalhadas por todo o país, apesar de estar concentrada nos estados do Paraná, São Paulo e Goiás. Outro segmento da indústria moageira a seco é a produção de *snacks*, que, apesar de concentração de mercado em grandes empresas, como a Elma Chips, há um grande número de empresas regionais. Por fim, a produção de cereais matinais é altamente concentrada, produzidos por empresas como a Nestlé, Nutrifoods e a Kellogg's.

O contrário da moagem a seco, o processo de moagem úmida demanda elevados investimentos por utilizar tecnologias sofisticadas. A indústria de processamento de moagem úmida é dominada por multinacionais, resultando em alta concentração. 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. A Tabela 9 apresenta quantidade de milho processada entre 2002 e 2010 pela forma de processamento.

**Tabela 9:** Milho – Consumo por processo a seco e a úmido (x 1000 toneladas)

SEGMENTO	ANO								
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010*
Moagem a seco	1.588	1.585	1.592	1.670	1.540	1.619	1.820	1.748	1.800
Moagem úmida	1.180	1.182	1.184	1.300	1.269	1.300	1.550	1.500	1.500
Pequenos moinhos	1.384	1.385	1.385	1.450	1.350	1.450	1.518	1.480	1.512
<b>Total</b>	<b>4.152</b>	<b>4.152</b>	<b>4.161</b>	<b>4.420</b>	<b>4.159</b>	<b>4.369</b>	<b>4.888</b>	<b>4.728</b>	<b>4.812</b>

Fonte: ABIMILHO \* Estimativas 2010.

Mais recentemente, tem aumentado a produção do milho destinado especificamente ao enlatamento. Esta 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 desta indústria, anteriormente localizada principalmente no extremo Sul do Brasil, para as regiões do Triângulo e do Alto Paranaíba em Minas Gerais onde, com as novas cultivares, é possível a produção durante todo o ano aproveitando a infraestrutura de irrigação existente.

## Consumo animal

Neste 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 este canal por onde os estímulos do mercado são transmitidos aos agricultores. Mudanças nestas cadeias passam a ser de vital importância como incentivadoras do processo produtivo do milho. Três grandes derivações ocorrem neste 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, este normalmente é adquirido em grão, ou é parcialmente produzido, pelos criadores para mistura com concentrados na propriedade rural.

Todas estas três derivações têm se desenvolvido consideravelmente em diferentes regiões do Brasil, com a criação de polos regionais de consumo de milho, que não necessariamente estão próximos aos locais de produção. Ao contrário da industrialização de milho para o consumo humano, este setor apresenta grande dinamismo, com grande incremento do número de indústrias processadoras.

## Milho geneticamente modificado

Após a liberação da comercialização do milho transgênico pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), em 2007, as sementes geneticamente modificadas do milho ocuparam 88% da área de cultivo, em nível nacional, relativa à cultura, na segunda safra de 2014. Estima-se também que esse percentual ultrapasse os 90% nos próximos anos. A Tabela 10 apresenta a participação do milho transgênico na safra verão e safrinha para cada região e agregado para o Brasil. Fato curioso é que tanto na safra verão 2013/14 como na de inverno 2014, a participação dos transgênicos diminuiu no Centro-Oeste.

**Tabela 10:** Participação de milho transgênico na safra (% dos sacos de sementes comercializados)

Região	Safras		Primeira 2010/11	Segunda 2011	Primeira 2011/12	Segunda 2012	Primeira 2012/13	Segunda 2013	Primeira 2013/14	Segunda 2014
	Primeira 2009/10	Segunda 2010								
N	31,11	23,47	43,52	46,70	59,28	73,28	69,08	83,21	-	-
NE	45,11	11,07	69,60	40,86	74,94	69,19	87,7	56,57	-	-
SE	40,78	67,98	63,95	85,57	74,65	85,94	82,87	93,48	85,1	96,4
S	29,26	60,59	50,98	82,07	70,12	87,19	78,94	94,1	82,1	95,6
CO	45,39	36,33	63,83	65,02	79,48	79,79	84,11	89,8	82,6	86,9
<b>Brasil</b>	<b>35,57</b>	<b>38,99</b>	<b>57,82</b>	<b>69,61</b>	<b>72,87</b>	<b>81,7</b>	<b>81,35</b>	<b>87,64</b>	<b>83,6</b>	<b>88,5</b>

Fonte: APPS

## Processamento na fazenda

Uma parcela importante do milho produzido no estado destina-se ao consumo ou transformações em produtos destinados ao consumo na própria fazenda. O milho destinado ao consumo humano - principalmente na forma de fubá, farinha ou canjica - tem menor quantitativo, frente ao destinado à alimentação de pequenos animais, geralmente aves e suínos.

Embora este 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, e muito, sua capacidade de competição. Sua importância hoje é muito maior na subsistência destas 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 neste elo da cadeia seria a transformação da capacidade destes agricultores em se integrar 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.

## Custo de produção

## 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 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 região, os seguintes sistemas de produção de milho são bastante evidentes:

### 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 sistema de plantio direto. São os grandes responsáveis pelo abastecimento do mercado.

### Produtor de grãos e pecuária

Neste 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 médio a pequena. 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 podem também comprometer o rendimento do milho.

Recentemente, vem sendo implementada a recuperação de pastagens degradadas, que atingem 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.

### Pequeno produtor

É aquele produtor de subsistência, onde a maior parte da produção é consumida na propriedade. O nível tecnológico é baixo, inclusive envolvendo o uso de semente não melhorada. O tamanho da lavoura é pequeno e é comum a utilização de terceiros para algumas operações como o preparo de solo e plantio. Essa produção tem perdido importância no que se refere ao abastecimento do mercado.

### Produção de milho safrinha

Este tipo de exploração ocupou na safra 2011/12 cerca de 7,6 milhões de hectares de milho, plantados principalmente nos estados PR, SP, MT, MS e GO. O milho é semeado extemporaneamente, após a soja precoce. O rendimento e o nível tecnológico depende muito da época de plantio. Nos plantios mais cedo, geralmente até o final do mês de fevereiro, 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/ou 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.

## 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 11), safra normal usando plantio convencional (Tabela 12) e safrinha usando o sistema de plantio direto (Tabela 13) e da agricultura familiar (Tabela 14).

## Considerações finais

Uma vez que a produção mundial de suínos e aves, principais consumidores de milho, continuará crescendo, a questão que se coloca é a indagação sobre quais regiões reúnem as condições mais favoráveis para suportar 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. Este 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 deste 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 este fornecerá um piso de flutuação dos preços mais estável do que os normalmente verificados nos preços internos.

**Tabela 11.** Coeficientes técnicos de produção para um hectare de milho (Plantio direto: produtividade 9.000 kg/ha).

DESCRIÇÃO	ESPECIFICAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE UTILIZADA
<b>PREPARO DO SOLO</b>			
Calcário		t	0,7
Gesso		t	0,4
Distribuição do calcário	Trator 85 hp + calcariador	hm	0,125



Dessecação herbicida	Glifosato	l	3
Distribuição herbicida	Trator 85 hp + pulv. Barra 2000 l	hm	0,3
Mão-de-obra distribuição herbicida		dh	0,25
<b>PLANTIO</b>			
Sementes	Híbridos simples ou triplos transgênicos	sc.	1,2
Tratamento de Sementes			
Inseticida		l	0,4
Adubação	8-28-16 + Zn + FTE	kg	400
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
<b>TRATOS CULTURAIS</b>			
Adubação de cobertura	Uréia	kg	250
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 herbicida	Trator 85 hp + pulv. Barra 2000 l (1X)	hm	0,3
Controle de pragas			
Inseticida 2	Fisiológico	l	0,6
Espalhante adesivo	Óleo mineral	% calda	0,5
Aplicação inseticida	Trator 85 hp + pulv. Barra 2000 l (2X)	hm	0,6
Controle doenças			
Fungicida 1 *	(caso necessário)	l	0,75
Óleo mineral		% calda	0,5
<b>COLHEITA</b>			
Colheita mecânica	Colheitadeira plataforma 4m	hm	0,85
Transporte interno	Trator 85 hp + carreta 8 t	hm	0,3

Fonte: Os autores.

**Tabela 12.** Coeficientes técnicos de produção para um hectare de milho (plantio convencional: produtividade 7.000 kg/ha).

DESCRIÇÃO	ESPECIFICAÇÃO (*)	UNIDADE	QUANTIDADE UTILIZADA
<b>PREPARO DO SOLO</b>			
Calcário		t	0,7
Gesso		t	0,4
Distribuição do calcário		hm	0,125
Gradagem Aradora	Trator 120 hp + grade pesada.	hm	1,6

Gradagem Niveladora	Trator 120 hp + grade nivel.	hm	0,4
<b>PLANTIO</b>			
Sementes	Híbridos simples ou triplo transgênicos	sc	1,2
Inseticida		l	0,4
Distribuição inseticida manual		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
<b>TRATOS CULTURAIS</b>			
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 inseticida	Trator 85 hp + pulv. Barra 2000 l (2X)	hm	0,6
Mão-de-obra aplic. inseticida		dh	0,32
Controle formigas			
Formicida	Isca	kg	0,6
<b>COLHEITA</b>			
Colheita mecânica	Colheitadeira plataforma 4m	hm	0,85
Transporte interno	Trator 85 hp + carreta 8 t	<b>hm</b>	<b>0,3</b>

Fonte: Os autores.

**Tabela 13.** Coeficientes técnicos de produção para um hectare de milho (Safrinha: produtividade 5.000 kg/ha).

DESCRIÇÃO	ESPECIFICAÇÃO (*)	UNIDADE	QUANTIDADE UTILIZADA
<b>PREPARO DO SOLO</b>			
Dessecação			
Herbicida 1	Glifosato	l	1,5
Herbicida 2	2,4-D	l	0,5
Distribuição herbicida	Trator 85 hp + pulv. Barra 2000 l	hm	0,15

Mão-de-obra distribuição herbicida		dh	0,25
------------------------------------	--	----	------

**PLANTIO**

Sementes	Híbridos simples ou triplo transgênico	sc.	1
Adubo	4-20-20	kg	200
Plantio / adubação	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	60
Mão-de-obra aplic. inseticida		dh	0,32

**COLHEITA**

Colheita mecânica	Colheitadeira plataforma 4m	hm	0,6
Transporte interno	Trator 85 hp + carreta 8 t	hm	0,3

**Fonte:** Os autores.

**Tabela 14.** Coeficientes técnicos de produção para um hectare de milho (agricultura familiar: produtividade 5.000 kg/ha).

DESCRIÇÃO	ESPECIFICAÇÃO (*)	UNIDADE	QUANTIDADE UTILIZADA
<b>PREPARO DO SOLO</b>			
Calcário		t	0,7
Distribuição do calcário		hm	0,125
Aração	Trator 120 hp + arado de disco.	hm	2,5
Gradagem Niveladora	Trator 120 hp + grade nivel.	hm	0,4
<b>PLANTIO</b>			
Sementes	Híbridos duplo	sc	1
Adubação	8-28-16 + Zn	kg	150
Plantio / adubação mecânica	Trator 120 hp + plant / adub. 4 linhas	hm	1,0
Transporte interno plantio	Trator 85 hp + carreta 8 t	hm	0,3
<b>TRATOS CULTURAIS</b>			
Adubação de cobertura	Uréia	kg	100
Aplic. Adubação de cobertura		hm	0,6
Herbicida Pós			
Herbicida 1		l	6
Aplicação herbicida - máquina	Trator 85 hp + pulv. barra 2000 l	hm	0,3
Mão-de-obra aplic. herbicida		dh	0,16

**COLHEITA**

Colheita mecânica	Colheitadeira de uma linha	hm	1,5
Transporte interno	Trator 85 hp + carreta 8 t	<b>hm</b>	<b>0,3</b>

**Fonte:** Os autores.

**Autores deste tópico:** Jason de Oliveira Duarte, Joao Carlos Garcia, Rubens Augusto de Miranda

## Zoneamento agrícola

### Época de plantio de milho

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, significa 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 como 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 e 800mm, 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 pendramento 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 necessidade térmica 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 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 no zoneamento agrícola de risco climático disponibilizado pelo Ministério da Agricultura (<http://www.agricultura.gov.br>), nos links "serviços" e "Portarias do Zoneamento por UF".

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 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 das 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 frequência 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 frequência 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 1.** Limite das épocas de semeadura para a cultura do milho safrinha, por estado e região produtora.

Estado	Época Limite	Altitude <sup>(1)</sup>	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)
Mato Grosso do Sul	15 de março	Baixa e Alta	Centro-Norte (Campo Grande, São G. do Oeste, Chapadão do Sul)
		Baixa	Centro-Sul (Dourados, Sidrolândia, Itaporã, Ponta Porã)
	28 de fevereiro	Alta	Alto Paranapanema (Taquarituba, Itapeva, Capão Bonito)
São Paulo	15 de março	Baixa	Norte (Guaíra, Orlândia, Ituverava)
	30 de março	Baixa	Noroeste (Votuporanga, Araçatuba)
		Baixa	Médio Vale do Paranapanema (Assis, Ourinhos)
Paraná	30 de janeiro	Alta	Transição (Wenceslau Braz, Mauá da Serra, sul de Ivaiporã, Cascavel, sul de Toledo até Francisco Beltrão)
	15 de março	Baixa	Oeste e Vale do Iguaçu (Campo Mourão, sul de Palotina, Medianeira e Cruzeiro do Iguaçu)
	30 de março	Baixa	Norte (Cornélio Procópio, Londrina, Maringá, Apucarana)
		Baixa	Noroeste (Paravaí, Umuarama)

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

Fonte: Vários autores, citados por Duarte (2001).

**Autores deste tópico:** Daniel Pereira Guimaraes, Elena Charlotte Landau

# Ecofisiologia

## Introdução

O milho é uma gramínea pertencente à família *Poaceae*, e sua espécie é a *Zea mays* L. Todos os milhos estão incluídos nessa única espécie e pertencem à tribo *Maydeae*, que possui sete gêneros, dos quais dois são nativos do hemisfério ocidental (*Zea* e *Tripsacum*) e cinco da Ásia. Calcula-se que seja a América Central ou o México a sua região de origem, tendo sido desenvolvido há 8 ou 10 mil anos (Paterniani et al., 2000). O caráter monoico e a sua morfologia característica resultam da supressão, condensação e multiplicação de várias partes da anatomia básica das gramíneas. Os aspectos vegetativos e reprodutivos da planta de milho podem ser modificados através da interação com os fatores ambientais que afetam o controle da ontogenia do desenvolvimento. Contudo, o resultado geral da seleção natural e da domesticação foi produzir uma planta anual, robusta e ereta, com um a quatro metros de altura, que é esplendidamente “construída” para a produção de grãos.

O milho é uma das mais eficientes plantas armazenadoras de energia existentes na natureza, devido à sua grande capacidade de acumulação de fotoassimilados (Baldo, 2007). De uma semente que pesa pouco mais de 0,3 g irá surgir uma planta geralmente com mais de 2,0 m de altura, isto dentro de um espaço de tempo de cerca de nove semanas. Nos meses seguintes, essa planta produz cerca de 600 a 1.000 sementes similares àquela da qual se originou (Aldrich et al. 1982).

Com relação ao período de cultivo o Brasil, país tropical, leva grande vantagem se comparado às condições de clima temperado, no qual esse período é bem definido e relativamente curto. Contudo, existem desvantagens dos ambientes tropicais como a imprevisibilidade das condições climáticas e as variações bastante acentuadas tanto em regiões como entre anos (Paterniani et al., 2000). Com o avanço das mudanças climáticas provavelmente estaremos podendo verificar maiores modificações no ambiente (Pinto & Assad, 2008). Com essas modificações, o estudo da fisiologia das plantas, em particular o milho, torna-se muito importante e necessário principalmente para identificar quais caminhos ou como o ambiente afeta a planta de milho e assim incrementar ferramentas que auxiliam nos estudos de melhoramento para uma maior produção/produtividade do milho.

Para entendermos a reação da planta de milho a um fator ambiental, ou seja, certa influência do meio externo e em uma dada situação é necessário dividir estes fatores em natureza biótica e abiótica. Todos esses fatores determinam o crescimento e desenvolvimento da planta. Fatores ambientais bióticos são aqueles resultados de uma interação de organismos como efeito de simbiose, parasitismo, herbivoria, infecção e outros (Schulze et al., 2005). Já os fatores ambientais de natureza abiótica incluem os fatores físicos como a temperatura, intensidade da luz, umidade, oferta de nutrientes e outros.

Esses fatores podem beneficiar as plantas (por exemplo, o vento é um fator abiótico importantíssimo na polinização do milho) ou podem levar a danos (diminuição da produção de grãos ou de biomassa de milho pela falta de água ou por pragas) dependendo da sua intensidade (quantidade). Uma planta em casa de vegetação pode estar vivendo em uma “condição ótima” com todos os fatores abióticos na quantidade ideal (quantidade ideal de luz, água, temperatura etc...) tendo assim uma maximização da sua fisiologia/performance chegando a um estado fisiológico normal. Quando há um desvio deste estado fisiológico normal temos o conceito de estresse. O conceito de estresse é baseado em um princípio físico de Levitt (1980) que até hoje é aplicado para todos os organismos vivos: um corpo é deformado por uma força (estresse). As alterações (deformações) do corpo causado por esta força são chamadas de tensão. Essa deformação ou tensão é primeiramente reversível (força elástica); entretanto, sob uma força intensa, esta deformação torna-

se irreversível (força plástica). Por isso, o estresse são as condições ambientais que levam um organismo a entrar num estado de tensão. Essas tensões seriam as modificações morfofisiológicas que podem levar (nem sempre) a um dano no organismo (Schulze et al., 2005).

Levando em conta os dois fatores ambientais citados acima, podemos então ter estresse abiótico e biótico. Se compararmos as perdas causadas por estresses bióticos, as perdas por estresses abióticos causam bem mais reduções mundiais em relação à produtividade das culturas (Bray, 2004).

## 2. Importância da cultura do milho

O milho é uma das plantas cultivadas de maior interesse, quanto à sua origem, estrutura e variação. Somente é conhecido em cultivo e, na sua forma atual, não apresenta indicativos de que poderia subsistir sem os cuidados do homem. A pesquisa tem desenvolvido tipos tão diferentes de milho que seu cultivo é possível desde o Equador até o limite das terras temperadas e desde o nível do mar até altitudes superiores a 3.600 metros. Essa adaptabilidade, representada por genótipos variados, é paralela à variedade de sua utilização como alimento, forragem ou na indústria.

As Tabelas 1 e 2 refletem bem a importância da cultura do milho no Brasil, onde se pode apreciar nas diversas regiões do país e estados produtores a área plantada, a produção em toneladas, assim como o rendimento nas duas safras: a normal (primeira safra) e a safrinha (segunda safra), respectivamente. Este levantamento realizado pela CONAB se refere aos anos agrícolas 2009/2010 e 2010/2011.

**Tabela 1.** Comparativo de área, produção e rendimento de milho (1ª safra) nos estados/regiões brasileiras. Safras 2009/2010 e 2010/2011.

Região/ UF	Área (Em mil ha)		Produção (Em mil t)		Produtividade (Em kg ha <sup>-1</sup> )	
	09/10	10/11	09/10	10/11	09/10	10/11
<b>RR</b>	6,5	6,5	12,8	12,9	1.969	1.990
<b>RO</b>	104,8	111,4	214,7	236,7	2.049	2.125
<b>AC</b>	29,8	29,0	57,8	52,8	1.992	1.822
<b>AM</b>	12,8	14,0	31,9	35,0	2.490	2.500
<b>AP</b>	3,6	3,6	3,3	3,1	903	860
<b>PA</b>	217,8	196,0	540,6	498,2	2.482	2.542
<b>TO</b>	66,9	61,6	232,5	202,2	3.476	3.283
<b>Norte</b>	<b>441,4</b>	<b>422,1</b>	<b>1.093,6</b>	<b>1.040,9</b>	<b>2.477</b>	<b>2.466</b>
<b>MA</b>	382,4	384,4	562,1	618,9	1.470	1.610
<b>PI</b>	309,9	344,9	353,6	715,3	1.141	2.074
<b>CE</b>	535,6	775,0	175,1	944,0	327	1.218
<b>RN</b>	37,0	37,0	9,2	23,5	248	635
<b>PB</b>	69,6	69,6	6,3	53,0	91	762
<b>PE</b>	272,5	273,9	125,6	175,3	461	640
<b>AL</b>	58,0	58,0	41,8	38,0	720	655
<b>SE</b>	176,8	176,8	722,8	675,1	4.088	3.820



<b>BA</b>	451,9	474,9	1.619,6	1.806,0	3.584	3.803
<b>Nordeste</b>	<b>2.293,7</b>	<b>2.594,5</b>	<b>3.616,1</b>	<b>5.049,4</b>	<b>1.577</b>	<b>1.946</b>
<b>MT</b>	85,2	50,2	409,0	302,9	4.800	6.033
<b>MS</b>	57,5	41,7	375,8	279,4	6.535	6.700
<b>GO</b>	377,6	393,5	2.643,2	2.793,9	7.000	7.100
<b>DF</b>	25,7	22,2	200,6	169,5	7.805	7.635
<b>Centro-O.</b>	<b>546,0</b>	<b>507,6</b>	<b>3.628,3</b>	<b>3.545,7</b>	<b>6.646</b>	<b>6.985</b>
<b>MG</b>	1.164,9	1.149,2	5.920,0	5.936,8	5.082	5.166
<b>ES</b>	34,5	33,9	74,2	66,3	2.151	1.957
<b>RJ</b>	7,0	7,4	17,5	18,3	2.507	2.473
<b>SP</b>	597,9	555,4	3.470,2	3.275,7	5.804	5.898
<b>Sudeste</b>	<b>1.804,3</b>	<b>1.745,9</b>	<b>9.481,9</b>	<b>9.227,1</b>	<b>5.255</b>	<b>5.325</b>
<b>PR</b>	894,1	727,8	6.866,7	5.342,1	7.680	7.340
<b>SC</b>	593,5	549,2	3.798,4	3.465,5	6.400	6.310
<b>RS</b>	1.151,0	1.143,3	5.593,9	5.316,3	4.860	4.650
<b>Sul</b>	<b>2.638,6</b>	<b>2.420,3</b>	<b>16.259,0</b>	<b>14.123,9</b>	<b>6.162</b>	<b>5.836</b>
<b>Brasil</b>	<b>7.724,0</b>	<b>7.690,4</b>	<b>34.079,2</b>	<b>33.057,0</b>	<b>4.412</b>	<b>4.298</b>

Fonte: CONAB (Levantamento: Março/2011)

**Tabela 2.** Comparativo de área, produção e produtividade de milho (2ª safra) nos estados e regiões brasileiras. Safras 2009/2010 e 2010/2011.

Região/ UF	Área (Em mil ha)		Produção (Em mil t)		Produtividade (Em kg ha <sup>-1</sup> )	
	09/10	10/11	09/10	10/11	09/10	10/11
<b>RO</b>	61,8	61,8	159,4	186,6	2.580	3.020
<b>TO</b>	10,8	11,6	33,4	34,6	3.091	3.065
<b>Norte</b>	<b>72,6</b>	<b>73,1</b>	<b>192,8</b>	<b>221,2</b>	<b>2.656</b>	<b>3.027</b>
<b>BA</b>	328,0	328,0	607,5	523,2	1.852	1.595
<b>Nordeste</b>	<b>328,0</b>	<b>328,0</b>	<b>607,5</b>	<b>523,2</b>	<b>1.852</b>	<b>1.595</b>
<b>MT</b>	1.904,9	1.790,6	7.709,1	7.341,5	4.047	4.100
<b>MS</b>	830,0	933,8	3.361,5	3.501,8	4.050	3.750
<b>GO</b>	434,9	459,7	2.152,8	2.275,5	4.950	4.950
<b>DF</b>	7,5	7,5	54,8	39,7	7.304	5.290
<b>Centro-O.</b>	<b>3.177,3</b>	<b>3.191,6</b>	<b>13.278,2</b>	<b>13.158,5</b>	<b>4.179</b>	<b>4.123</b>
<b>MG</b>	27,4	32,2	163,6	194,3	5.971	6.034
<b>SP</b>	281,6	281,6	1.070,1	1.003,9	3.800	3.565
<b>Sudeste</b>	<b>309,0</b>	<b>313,8</b>	<b>1.233,7</b>	<b>1.198,2</b>	<b>3.993</b>	<b>3.818</b>
<b>PR</b>	1.356,0	1569,8	6.576,6	6.863,2	4.850	4.372

<b>Sul</b>	<b>1.356,0</b>	<b>1569,8</b>	<b>6.576,6</b>	<b>6.863,2</b>	<b>4.850</b>	<b>4.372</b>
<b>Brasil</b>	<b>5.242,9</b>	<b>5.476,3</b>	<b>21.888,8</b>	<b>21.964,3</b>	<b>4.175</b>	<b>4.011</b>

**Fonte:** CONAB (Levantamento: Março/2011)

A cultura do milho encontra-se amplamente disseminada no Brasil. Isto se deve tanto à sua multiplicidade de usos na propriedade rural quanto à tradição de cultivo desse cereal pelos agricultores brasileiros.

No âmbito tecnológico, o comportamento de aversão ao risco, a baixa disponibilidade de capital para custeio e menor ainda para investimento, o grau de instrução formal geralmente baixo, a comercialização fortemente vinculada a intermediários e o alto grau de consumo na fazenda são características geralmente associadas à condição de pequeno produtor.

Diferenças nos rendimentos agrícolas devem-se a fatores climáticos e econômicos, e ao estoque de conhecimento disponível e disseminado entre os agricultores (no que se refere ao uso de insumos e práticas culturais).

A partir do início da década de 70 até recentemente, em face de fatores como o crescimento da indústria de rações e das atividades de criação (principalmente avicultura, suinocultura e pecuária leiteira), o consumo interno de milho cresceu consideravelmente (CONAB, 2011).

### 3. Identificação dos estádios de crescimento/desenvolvimento

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 e respectivos manejos culturais. Assim, é importante enfatizar os diversos estádios de crescimento da planta de milho, desde a sua emergência até a maturidade fisiológica.

As considerações feitas a seguir se referem a um genótipo de milho 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 pode variar entre diferentes híbridos, ano agrícola, data de plantio e local.

O sistema de identificação empregado divide o desenvolvimento da planta em vegetativo (V) e reprodutivo (R) conforme mostra a Tabela 3. Subdivisões dos estádios vegetativos são designados numericamente como  $V_1, V_2, V_3$  até  $V_n$ ; onde (n) representa a última folha emitida antes do pendoamento ( $V_T$ ). O primeiro e o último estágio V são representados, respectivamente, por ( $V_E$ , emergência) e ( $V_T$ , pendoamento).

**Tabela 3.** – Estádios Vegetativos e Reprodutivos da Planta de Milho.

#### VEGETATIVO

$V_E$ , emergência

$V_1$ , 1ª folha desenvolvida

$V_2$ , 2ª folha desenvolvida

#### REPRODUTIVO

$R_1$ , Embonecamento

$R_2$ , Bolha d'água

$R_3$ , Leitoso

V<sub>3</sub>, 3ª folha desenvolvida  
V<sub>4</sub>, 4ª folha desenvolvida  
V<sub>(n)</sub>, nª folha desenvolvida  
V<sub>T</sub>, pendoamento

R<sub>4</sub>, Pastoso  
R<sub>5</sub>, Formação de dente  
R<sub>6</sub>, Maturidade Fisiológica

**Fonte:** Magalhães e Durães (2002).

Durante a fase vegetativa, cada estágio 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, é considerada completamente desenvolvida quando o colar é visível (Figura 1) e, portanto, é contada como tal. Esse sistema é semelhante ao utilizado por Ritchie & Hanway, (1989).

**Foto:** Adaptação sobre imagem de Ritchie & Hanway(1989).



**Figura 1:** Duas profundidades de plantio, mostrando detalhes do alongamento do mesocotilo.

### 3.1 Germinação e Emergência

Estádio V<sub>E</sub> - 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 coleoptilo com plúmula incluída. O estágio V<sub>E</sub> é atingido pela rápida alongação do mesocótilo o qual empurra o coleoptilo em crescimento para a superfície do solo. Em condições de temperatura e umidade adequada, a planta emerge dentro de 4 a 5 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 coleoptilo, o mesocótilo para de crescer.

O sistema radicular seminal, que são as raízes oriundas diretamente da semente, podendo também ser divididas em raízes seminais e primárias (Hochholdinger & Tuberosa, 2009), tem o seu crescimento nesta 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  $V_E$  e é praticamente não existente no estágio  $V_3$ .

O ponto de crescimento da planta de milho, neste 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 vai originar o sistema radicular definitivo do milho, conhecido como raízes nodais ou fasciculadas. 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 2 (Ritchie & Hanway, 1989).

**Foto:** Paulo Cesar Magalhães.



**Figura 2.** Estádio de três folhas.

O sistema radicular nodal se inicia, portanto, no estágio  $V_E$  e o alongamento das primeiras raízes se inicia no estágio  $V_1$  indo até o  $R_3$ , após o qual muito pouco crescimento ocorre (Magalhães et al. 1994).

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 a espiga.

Em síntese, na germinação ocorre a embebição da semente, com a consequente 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 (Sangoi et al., 2004). Esse fato pode ser parcialmente superado por uma aplicação de pequena quantidade de fertilizante no sulco de plantio, ao lado ou abaixo da semente (Aldrich et al. 1982). Contudo, existem também genótipos de milho com grandes potenciais para a tolerância a baixas temperaturas que conseguem germinar nessas condições, sendo muito importantes para as regiões frias do Brasil (Cruz et al., 2007).

O tamanho da cariopse pode influenciar positivamente na germinação e no crescimento inicial das plântulas, porém há resultados contrários e outros ainda mostrando que também pode haver efeito significativo no rendimento de grãos (Sangoi et al., 2004).

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*, *Phytophthora* 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 (Aldrich et al. 1982; Ritchie & Hanway, 1989; Magalhães et al., 2007).

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 Estádio V<sub>3</sub>

(Três folhas desenvolvidas, Figura 3) - O estágio de três folhas completamente desenvolvidas ocorre com, 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 4). Pêlos radiculares do sistema radicular nodal estão agora em crescimento e o desenvolvimento das raízes seminais é paralisado (Magalhães et al. 1994).

**Foto:** Adaptação sobre imagem de Ritchie & Hanway (1989).



**Figura 3.** Planta no estágio V<sub>3</sub>, mostrando o ponto de crescimento abaixo da superfície do solo.

**Foto:** Adaptação sobre imagem de Ritchie & Hanway (1989).



**Figura 4.** Planta no estágio de seis folhas completamente desenvolvidas.

Todas as folhas e espigas que a planta eventualmente irá produzir estão sendo formadas no  $V_3$ . Pode-se dizer, portanto, que o estabelecimento do número máximo de grãos ou a definição da produção potencial estão sendo definidos neste estágio. No estágio  $V_5$  (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 (Magalhães et al. 1994) .

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 neste estágio vai ter muito pouco ou nenhum efeito na produção final de grãos. Disponibilidade de água neste 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 (Ritchie & Hanway, 1989, Aldrich et al. 1982).

Controle de plantas daninhas nesta fase é fundamental para reduzir competição por luz, água e nutrientes. Como o sistema radicular está em pleno desenvolvimento, mostrando considerável porcentagem de pêlos absorventes e ramificações diferenciadas, operações inadequadas de cultivo (profundas ou próximas a planta) poderão afetar a densidade e distribuição de raízes com consequente redução na produtividade. Portanto, é recomendada cautela no cultivo.

### 3.3 Estádio $V_6$

(Seis folhas desenvolvidas, Figura 5) - Neste estágio, o ponto de crescimento e pendão estão acima do nível do solo (Magalhães et al., 2007) (Figura 6), o colmo está iniciando um período de alongação acelerada. O sistema radicular nodal (fasciculado) está em pleno funcionamento e em crescimento.

**Foto:** Adaptação sobre imagem de Ritchie & Hanway (1989).



**Figura 5.** Planta no estágio V6 mostrando ponto de crescimento acima da superfície do solo.

**Foto:** Adaptação sobre a imagem de Ritchie & Hanway (1989).



**Figura 6.** estágio V9, mostrando detalhes de varias espigas pontenciais.

Neste estágio, pode ocorrer o aparecimento de eventuais perfilhos (ou até mesmo em estádios anteriores), os quais encontram-se diretamente ligados à base genética do cultivar, ao estado nutricional da planta, ao espaçamento adotado, ao ataque de pragas; ao estresse hídrico e às alterações bruscas de temperatura (baixa ou alta). No entanto, existem poucas evidências experimentais que demonstram a sua influência negativa ou positiva na produção (Magalhães et al. 1995; Magalhães et al., 2010).

No estágio V<sub>8</sub>, inicia-se a queda das primeiras folhas e o número de fileiras de grãos é definido. Durante este estágio, constata-se a máxima tolerância ao excesso de chuvas. No entanto encharcamento por períodos de tempo maior que cinco dias poderão acarretar prejuízos consideráveis e irreversíveis (Alves et al., 2002).

Estresse hídrico nesta 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 (Magalhães et al. 1998).

Evidências experimentais demonstram que a distribuição total das folhas expostas neste período, mediante ocorrência de granizo, geada, ataque severo de pragas e doenças, além de outros fatores, acarretarão quedas na produção da ordem de 10% a 25% (Fancelli & Dourado Neto, 2000).

Períodos secos aliados a conformação da planta, característica desta fase (conhecida como fase do "cartucho"), conferem à cultura do milho elevada suscetibilidade ao ataque da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), exigindo assim constante vigilância.

De V<sub>6</sub> até o estágio V<sub>8</sub> deverá ser aplicado à adubação nitrogenada em cobertura (Coelho & França, 1995).

### 3.4 Estádio V<sub>9</sub>

Nesse estágio, muitas espigas são facilmente visíveis se for feita uma dissecação da planta (Figura 7). Todo nó da planta tem potencial para produzir uma espiga, exceto os últimos 6 a 8 nós abaixo do pendão. Assim, uma planta de milho teria potencial para produzir várias espigas; porém, apenas uma ou duas (caráter prolífico) espigas conseguem completar o crescimento.

**Foto:** Paulo Cesar Magalhães.





**Figura 7.** Estádio de pendoamento da Planta.

Neste estágio, ocorre alta taxa de desenvolvimento de órgãos florais. O pendão inicia um rápido desenvolvimento e o caule continua alongando. A alongação do caule ocorre através dos entrenós. Após o estágio  $V_{10}$ , o tempo de aparição entre um estágio foliar e outro vai encurtar, ocorrendo, geralmente, a cada 2 ou 3 dias (Ritchie & Hanway, 1989; Magalhães et al. 1994; Ritchie et al., 2003).

Próximo ao estágio  $V_{10}$ , 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 (Magalhães & Jones, 1990a; Ritchie et al., 2003).

### 3.5 Estádio $V_{12}$

O número de óvulos (grãos em potencial) em cada espiga assim como o tamanho da espiga são definidos em  $V_{12}$ , quando ocorre perda de duas a quatro folhas basais. Pode-se considerar que nesta 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, a determinação do número de grãos/fileira só será definido cerca de uma semana antes do florescimento, em torno do estágio  $V_{17}$  (Magalhães et al. 1994).

Em  $V_{12}$  a planta atinge cerca de 85% a 90% da área foliar, e se observa o início de desenvolvimento das raízes adventícias (“esporões”).

Devido ao número de óvulos e tamanho da espiga serem definidos nesta 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  $V_{10}$  a  $V_{17}$ . Assim, genótipos precoces nesses estádios, geralmente, 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 (Ritchie & Hanway, 1989; Ritchie et al., 2003).

### 3.6 Estádio $V_{15}$

Este 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 estágio foliar ocorre a cada 1 ou 2 dias. Estilos-estigmas iniciam o crescimento nas espigas.

Em torno do estágio  $V_{17}$  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 (Magalhães et al. 1994).

Estresse de água ocorrendo no período de duas semanas antes até duas semanas após o florescimento vai causar grande redução na produção de grãos (Bergamaschi et al., 2004; Magalhães & Durães, 2008). Porém, a maior redução na produção poderá ocorrer com déficit hídrico na emissão dos estilo-estigmas (início de  $R_1$ ). Isso é verdadeiro também para outros tipos de estresse como deficiência de nutrientes, alta temperatura ou granizo. O período de 4 semanas em torno do florescimento é o mais importante para irrigação (Magalhães et al. 1995; Resende et al., 2000).

### 3.7 Estádio $V_{18}$

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 neste estágio. Estas raízes contribuem na sustentação da planta e na absorção de água e nutrientes (como o fósforo), além de ter um papel importantíssimo em situações de alagamento tendo a função de aeração (Lynch & Ho, 2005; Lynch, 2007; Vodnik et al., 2009).

Em  $V_{18}$  a planta do milho se encontra a uma semana do florescimento e o desenvolvimento da espiga continua em ritmo acelerado. O florescimento nada mais é do que uma consequência de uma transição da fase vegetativa para reprodutiva, a qual é resultante da ação de efeitos ambientais e sinais internos promovidos por genes (Castro, 2010). Alguns destes genes e suas posições no cromossomo vêm sendo reportados (Colasanti et al., 1998; Lima, 2006; Lima et al., 2008).

Estresse hídrico nesse período pode afetar mais o desenvolvimento do óvulo e 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 emissão do “cabelo” até a liberação do pólen terminar, ou seja, os óvulos que porventura emitir o “cabelo” após a emissão do pólen não serão fertilizados e, por conseguinte, não contribuirão para o rendimento (Magalhães et al. 1994; Magalhães et al. 1995; Magalhães et al. 1999).

Híbridos não prolíficos 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, 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 (Thomison & Jordan 1995).

### 3.8 Estádio $V_T$ , Pendoamento

Este estágio inicia-se quando o último ramo do pendão está completamente visível e os “cabelos” não tenham ainda emergido. A emissão da inflorescência masculina antecede de 2 a 4 dias a exposição dos estilo-estigmas, no entanto, 75% das espigas devem apresentar seus estilo-estigmas expostos, após o período de 10-12 dias posterior ao aparecimento do pendão. O tempo decorrente entre  $V_T$  e  $R_1$  pode variar consideravelmente dependendo do híbrido e condições ambientais. A perda de sincronismo entre a emissão dos grãos de pólen e a receptividade dos estilo-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. Neste 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 condições normais dificilmente deixará de ser polinizada pela falta de pólen, desde que o número de óvulos está em torno de 750 a 1000 (Magalhães et al. 1999; Fancelli & Dourado Neto, 2000; Ritchie et al., 2003).

A planta apresenta alta sensibilidade ao encharcamento nesta fase, o excesso de água pode contribuir inclusive com a inviabilidade dos grãos de pólen (Zaidi et al., 2004). A falta de água nesse período, além de afetar o sincronismo pendão-espiga (Edmeades et al., 2000), pode reduzir a chance de aparecimento de uma segunda espiga em materiais prolíficos.

Nos estádios de  $V_T$  a  $R_1$ , a planta de milho é mais vulnerável às intempéries da natureza que qualquer outro período, devido ao pendão e todas as folhas estarem completamente expostas. Remoção de folha neste estágio, por certo, resultará em perdas na colheita (Magalhães et al. 1999; Fancelli & Dourado Neto, 2000). O período de liberação do pólen se estende por uma a duas semanas. Durante esse tempo, cada “cabelo” individual deve emergir e ser polinizado para resultar num grão.

### 3.9 Estádio $R_1$ , 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 estilo-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 estilo-estigmas em uma espiga serem polinizados é de 2 a 3 dias. Os “cabelos” da espiga crescem cerca de 2,5 a 4,0 cm por dia e continuam a se alongar até serem fertilizados (Ritchie & Hanway, 1989; Ritchie et al., 2003).

O número de óvulos que será fertilizado é determinado neste estágio. Óvulos não fertilizados, evidentemente, não produzirão grãos. Estresse ambiental nesta fase, especialmente no 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 (Bruce et al., 2002). Não se deve descuidar de insetos como a lagarta-da-espiga que se alimentam dos “cabelos”. Devem-se combater essas pragas, caso haja necessidade. A absorção de potássio nesta fase está completa, enquanto nitrogênio e fósforo continuam sendo absorvidos.

A liberação do grão de pólen pode 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 longevidade, entretanto, pode ser reduzida quando submetido a baixa umidade e altas temperaturas (Magalhães et al. 1994).

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 (Ritchie & Hanway, 1989; Magalhães et al. 1994; Fancelli & Dourado Neto, 2000). 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 neste 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 (Fancelli & Dourado Neto, 2000).

### 3.10 Estádio R<sub>2</sub>, 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 desenvolvendo vagorosamente neste estágio, a radícula, o coleoptilo 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 (Ritchie & Hanway 1989; Ritchie et al., 2003).

A acumulação de amido se inicia neste estágio, com os grãos experimentando um período de rápida acumulação de matéria seca. Esse rápido desenvolvimento continuará até próximo ao estágio R<sub>6</sub>. N e P continuam sendo absorvidos e a realocação desses nutrientes das partes vegetativas para espiga tem início neste estágio. A umidade de 85% nos grãos nessa fase começa a diminuir gradualmente até a colheita (Magalhães & Jones, 1990 a,b ; Magalhães et al. 1994).

### 3.11 Estádio R<sub>3</sub>, Grão Leitoso

Esta 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 seu peso seco (Figura 8). 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 extremamente dependente de água (Magalhães & Jones, 1990b; Magalhães et al. 1998; Durães et al., 2002). Embora neste estágio o crescimento do embrião ainda seja considerado lento, ele já pode ser visto caso haja uma dissecação. Este estágio é conhecido como aquele em que ocorre a definição da densidade dos grãos (Magalhães et al. 1994; Fancelli & Dourado Neto, 2000).

**Foto:** Paulo Cesar Magalhães.



**Figura 8.** Estádio R1, estilo-estigmas captando grãos de polén.

Os grãos nesta fase apresentam rápida acumulação e 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 enchimento das células do endosperma com amido.

O rendimento final depende do número de grãos em enchimento (desenvolvimento) e do tamanho final (período de enchimento) que eles alcançarão. Um estresse hídrico nesta fase, embora menos crítico que na fase anterior, pode afetar a produção (Bergamaschi et al, 2004). Com o processo de maturação dos grãos o potencial de redução na produção final de grãos devido ao estresse hídrico vai diminuindo. Embora neste 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 nesta fase a redução da fotossíntese, aumento do nível de estresse da planta, implicando na possível 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 (Magalhães et al. 1998; Fancelli & Dourado Neto, 2000).

Para lavouras destinadas à produção de sementes, este período assume particular importância, pois tem início o desencadeamento dos processos de diferenciação do coleóptilo, da radícula e das folhas rudimentares. Ainda neste estágio evidencia-se a translocação efetiva de N e P para os grãos em formação (Magalhães & Jones, 1990a; Fancelli & Dourado Neto, 2000).

### 3.12 Estádio R<sub>4</sub>, Grão Pastoso

Este estágio é alcançado com cerca de 20 a 25 dias após a emissão dos estilo-estígmata, os grãos continuam se desenvolvendo rapidamente, acumulando amido. O fluido interno dos grãos passa de um estado leitoso para uma consistência pastosa (Figura 9), e as estruturas embriônicas de dentro dos grãos encontram-se já totalmente diferenciadas. A deposição de amido é bastante acentuada, caracterizando desse modo 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 R<sub>3</sub> (grão leitoso) (Magalhães et al. 1994).

**Foto:** Adaptada sobre imagem de Ritchie & Hanway (1989).



**Figura 9.** Grãos no estágio R<sub>2</sub>, conhecido como bolha d`água.

Os grãos se encontram com cerca de 70% de umidade e já acumularam cerca da metade do peso que eles atingirão na maturidade. A ocorrência de adversidades climáticas, sobretudo falta de água, resultará numa maior porcentagem de grãos leves e pequenos o que comprometeria definitivamente a produção.

### 3.13 Estádio R<sub>5</sub>, Formação de dente

Este 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. Nesta etapa, os grãos encontram-se 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 logo após formação do dente 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. Neste 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 (Ritchie & Hanway, 1989; Magalhães et al. 1994; Fancelli & Dourado Neto, 2000; Ritchie et al., 2003).

Alguns genótipos do tipo "duro" não formam dente, daí este estágio nos referidos materiais é mais difícil de ser notado, podendo ser apenas relacionado ao aumento gradativo da dureza dos grãos.

Estresse ambiental nesta fase pode antecipar o aparecimento da formação da camada preta, indicadora da maturidade fisiológica. A redução na produção neste caso seria relacionada ao peso dos grãos e não ao número de grãos. Os grãos neste estágio apresentam-se com cerca de 55% de umidade (Magalhães et al. 1994).

Materiais destinados a silagem devem ser colhidos neste estágio, pois as plantas apresentam em torno de 33% a 37% de matéria seca. O milho colhido nesta fase apresenta as seguintes vantagens: apesar do decréscimo na produção de matéria verde, obtém-se 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 (Fancelli & Dourado Neto, 2000). Sementes colhidas neste estágio com 50% do endosperma sólido apresentam grande qualidade fisiológica (Faria et al., 2002).

### 3.14 Estádio R<sub>6</sub>, Maturidade Fisiológica

Este é o estágio onde todos os grãos na espiga alcançam o máximo de acumulação de peso seco e vigor, e 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 10). Neste 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 (Ritchie & Hanway, 1989; Magalhães et al. 1994; Ritchie et al., 2003).

**Foto:** Paulo Cesar Magalhães.



**Figura 10.** estágio R3 ou grãos leitoso com umidade em torno de 80%.

O ponto de maturidade fisiológica caracteriza o momento ideal para a colheita, ou ponto de máxima produção, com 30-38% 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 18–25% 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. Ainda 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 no incremento do número de grãos ardidos (Ritchie & Hanway, 1989; Magalhães et al. 1994; Fancelli & Dourado Neto, 2000; Ritchie et al., 2003).

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

#### 4. Grãos

A constituição morfológica das plantas e de seus frutos determina o potencial de produção da espécie. No milho, o interesse antropocêntrico reside principalmente na produção de grãos, para alimentação humana e animal.

O grão de milho é o fruto de uma semente, ou cariopse característico das gramíneas. O pericarpo (camada externa) é derivado da parede do ovário e pode ser incolor, vermelho, marrom ou variegado. A ponta do grão é a parte remanescente do tecido (pedicelo), que conecta o grão ao sabugo. Dentro do grão, estão o endosperma e o embrião.

O endosperma é triploide, originado-se da fusão de dois núcleos femininos e um núcleo masculino. Com exceção da sua camada mais externa, constituída por uma (ou raramente algumas) camada de células de aleurona, o endosperma é constituído principalmente de amido.

Os embriões dos cereais não armazenam reservas durante o desenvolvimento da semente, a não ser uma pequena quantidade de lipídios no escutelo. Observa-se, entretanto, que as reservas de carboidratos são polimerizadas no endosperma na forma de amido e as reservas de proteínas, acumuladas nos corpos proteicos distribuídos em todo o endosperma. Em milho, a formação desses materiais de reserva, durante o desenvolvimento das sementes, tem sido bem estudada. Sabe-se que o aumento da concentração de monossacarídeos nas regiões de trocas entre planta-mãe e cariopse aumentam a formação de tecidos de transferência substituindo a camada de aleurona. Esses tecidos de transferência são células com a membrana plasmática alongada, aumentando a superfície de contato sendo especializadas no transporte de nutrientes. Assim a chegada de açúcares no endosperma para a futura formação do amido é facilitada (Thompson et al., 2001; Barrero et al., 2009).

A concentração de açúcares atinge o máximo nesses tecidos um pouco antes do final da formação das células. O acúmulo de amido inicia-se à custa desses açúcares, alcançando o nível final em cerca de 46 dias. A proteína do endosperma aumenta durante o período de formação das células, mas representa uma segunda fase de acúmulo, em torno de 40 dias após a antese, que coincide com a deposição de proteína de reserva nos corpos proteicos. Há um decréscimo de RNA no endosperma durante o período de rápida síntese de amido e o RNA decresce no endosperma durante o período de secagem da semente (46 dias após a antese).

Estudos do sistema de incorporação de aminoácidos em proteínas têm mostrado que, inicialmente, o sistema mais ativo se encontra no endosperma em desenvolvimento, mas nos últimos estádios de formação da semente há diminuição dessa atividade no endosperma e o embrião torna-se o sistema mais ativo, quando se inicia a dessecação das sementes.

Uma vez fertilizado, não há segurança de que o grão crescerá normalmente, pois vários fatores poderão impedir um crescimento normal. A presença da camada preta na base do grão (sinal de maturidade fisiológica) mostra que ele foi fertilizado e é independente do seu estágio de crescimento (enchimento).

Os vários tipos de milho (duro, dentado, farináceo, doce, ceroso, pipoca, QPM-"Quality Protein Maize") diferem em seu conteúdo de açúcar, teor e qualidade de proteína e também no tipo, forma e concentração dos grãos de amido. A composição média de um grão de milho dentado (com base no peso da matéria seca) é mostrada na Tabela 4.



**Tabela 4.** Composição média (%) de um grão de milho dentado, com base no peso da matéria seca.

Partes constituintes	Peso total	Amido	Proteína	Lipídio	Açúcar	Cinza
Endosperma	82,6	87,6	7,9	0,83	0,62	0,33
Embrião	11,1	8,0	18,3	33,5	10,5	10,6
Pericarpo	5,4	7,2	3,6	1,03	0,36	0,85
Ponta	0,8	5,3	9,1	3,8	1,61	1,59
Peso total do grão	100	73,5	9,0	4,3	1,9	1,5

Fonte: Glover e Mertz (1987).

## 5. Produtividade

O aumento da massa da planta por meio dos produtos da assimilação (*taxa de produção, TP, ou produtividade*) pode ser expresso em um aumento de matéria seca (m) por unidade de tempo (t, geralmente semanas ou dias) durante o período de produção:  **$TP = dm/dt$** . O *rendimento da produção (Rp)* é, pois, o incremento acumulado de fitomassa, o qual é expresso por uma função integral. O rendimento da produção corresponde à diferença da massa orgânica seca no tempo inicial em relação ao tempo final, dentro do *período de assimilação (dt)*, em que *TP* é a *taxa de produção*.

O rendimento da produção é o resultado da capacidade de assimilação da planta, do período disponível para a assimilação e das influências favoráveis e prejudiciais dos fatores ambientais, como: CO<sub>2</sub>, luz, temperatura, aparato foliar, nutrientes, status hídrico, pragas e doenças, etc.

No caso do milho, o rendimento de grãos é determinado basicamente pelo número de grãos por unidade de área e, em menor escala, pela massa individual dos grãos (Richards, 2000). Enquanto a massa de grãos é influenciada pela taxa de enchimento de grãos e pelo tempo de acúmulo de massa seca (Wang et al., 1999), o número de grãos é associado à taxa de crescimento de planta no período de pendoamento (Andrade et al., 1999). Esse período, considerado crítico para a determinação do número de grãos, é também o mais suscetível a condições de estresse (Kiniry & Ritchie, 1985).

A taxa de crescimento de planta e a partição de massa seca entre órgãos vegetativos e reprodutivos, no período imediatamente antes e após o pendoamento, são fatores que definem o número de drenos reprodutivos que são estabelecidos pela planta (Andrade et al., 1999). A eficiência de uso da radiação interceptada, as condições de temperatura e o "status" fisiológico da cultura nesse período, determinarão as taxas de crescimento da mesma, o número potencial de grãos e, conseqüentemente, o potencial produtivo da planta (Andrade et al., 1993a; Andrade et al., 1993b; Otegui & Bonhomme, 1998).

Alguns autores têm demonstrado que a relação entre número de grãos por planta e taxa de crescimento de planta apresenta comportamento linear, enquanto outras não (Andrade et al., 1999). Tais diferenças são explicadas pelo efeito diferenciado na partição de fitomassa e na duração do período crítico de determinação do número de grãos (Andrade et al., 1999). Uma maior relação entre número de grãos por planta e taxa de crescimento da planta no período crítico de determinação do número de grãos, e não uma maior taxa de crescimento nesse período, tem sido indicada como um dos fatores pelo qual os híbridos modernos são mais produtivos do que híbridos mais antigos (Echarte et al., 2000).

A produtividade depende do número de grãos polinizados e desenvolvidos, quantidade de fotoassimilados disponíveis (fonte-fotossíntese) e translocados (força do dreno). Com relação ao número de grãos, ele é variável dentro e entre cultivares. O número de grãos potencialmente capazes de se desenvolverem em uma espiga é influenciado por fatores ambientais. Há evidência de uma relação inversa entre número de filas de grãos por espiga e

número de grãos viáveis por fila (número de grãos por espiga permanece praticamente o mesmo). A espiga apresenta sempre um número par de fileiras e, quanto maior a tendência à prolificidade (maior número de espigas por planta), menor o número de grãos por espiga. Se uma planta tem só uma espiga, os grãos polinizados que não se desenvolveram serão encontrados na ponta da espiga.

Os primeiros dias após a fertilização constituem um período bastante crítico. Se proteínas ou açúcares estão limitantes devido à seca, deficiência nutricional, tempo muito nublado ou sombreamento oriundo de altas populações, os grãos na parte superior da espiga abortam e, apesar de fertilizados, não se desenvolvem. A maior sensibilidade à variação de luminosidade é verificada no início da fase reprodutiva, ou seja, no período correspondente aos primeiros 10 a 15 dias após o florescimento (Fancelli & Dourado Neto, 2000). Em plantas com duas espigas, a superior apresenta maior número de grãos desenvolvidos, devido ao fato de haver uma hierarquia e preferência na formação desses grãos. Numa planta com duas espigas, a diminuição da fotossíntese (com remoção de folhas, por exemplo) diminuirá o número de grãos da espiga inferior. Um grão polinizado pode não desenvolver-se (acumular matéria seca) ou seu desenvolvimento pode ser bloqueado a meio caminho, originando um grão pequeno. O aparecimento de grãos enrugados na porção superior da espiga pode ser devido a: deficiência severa de água, destruição das folhas ou deficiência nutricional. Em resumo, pode-se dizer que o potencial genético para produtividade pode ser diminuído em vários estádios de desenvolvimento.

A questão se o rendimento de grão de milho é limitado pelas características da planta relacionadas à oferta de nutrientes (*fonte*, por exemplo, nutrientes, água, radiação, etc.) ou à demanda (*dreno*) por assimilados, nutrientes, água, radiação, dentre outros fatores, está em discussão. Dependendo do ambiente, se a *fonte* (aparato fotossintético) ou o *dreno* (grãos, meristemas, órgãos/ tecidos em crescimento) pode limitar o rendimento de grão para variados graus isto depende da capacidade e desempenho da cultivar em estabelecerem-se no campo, do estágio de desenvolvimento da cultura e da intensidade dos fatores ambientais presentes. Genericamente, para condições favoráveis de manejo, milhos tropicais são mais *dreno* limitantes do que fonte limitantes, visando rendimento de grãos (Borrás et al., 2004).

## 6. O Rendimento de Grãos é determinado pelos componentes do rendimento

De modo geral, nestes últimos cinquenta anos, o melhoramento do milho pode ser atribuído a 50% devido ao melhoramento genético (rendimento de grãos) e 50% devido ao manejo (Duvick, 2005). O rendimento de grãos pode ser dividido dentre os componentes de plantas por hectare (p.ex., 50.000/ha), espigas por planta (EPP, p.ex., 1,1), grãos por espiga (GPE, p.ex., 440) e peso por grão (PPG, p.ex., 330 mg, ou  $330 \times 10^{-9}$  t).

$$\begin{aligned}
 &= [\text{Plantas/ha} \times \text{EPP} \times \text{GPE} \times \text{PPG}] && (1) \\
 &= [50.000 \times 1,1 \times 440] \times 330 \times 10^{-9} && (1a) \\
 &= [24.200.000] \text{ grãos/ha} \times 330 \times 10^{-9} \text{ toneladas por} && \\
 &\quad \text{grão} && \\
 &= 7,885 = 8,0 \text{ t/ha} &&
 \end{aligned}$$

A produção total de grãos por hectare é representada pelo termo entre colchetes (Equação 1); portanto, conforme os componentes observados, o rendimento de grão pode ser expresso pela Equação 1a.

Para uma menor densidade populacional de plantas de milho, outros componentes, como “índice de espiga” e/ou “número de grãos por espiga” e/ou “peso por grão” devem ser expressos diferentemente pelo genótipo e manejo, para resultar em rendimento similar (8,0 t/ha, como na Equação 1b) ou rendimento diferenciado (como, por exemplo, de 7,2 t/ha, **Eq. 1c**; 6,5 t/ha, **Eq. 1d**; 6,0 t/ha, **Eq. 1e**).

Visando aumentos de produtividade de grãos de milho, a questão de população final em relação à população inicial de plantas é de fundamental importância. Cultivares modernas de milho estão sendo melhoradas para respostas positivas a aumentos de densidades (Tokatlidis & Koutrobas, 2004; Sangoi et al., 2007). As recomendações técnicas quanto à escolha da cultivar devem ser observadas para o local, época do ano e tipo de manejo a aplicar na cultura, visando aumentos no rendimento de grãos (Figura 11).

**Foto:** Adaptado sobre imagem de Ritchie & Hanway (1989).



**Figura 11.** Grãos no estágio R4, pastoso.

## 7. Enchimento do Grão

Em média, o desenvolvimento do grão se completa cerca de 50 a 55 dias após a fertilização. Esse período pode variar entre cultivares e dentro de uma mesma cultivar; logicamente, os fatores ambientais também induzem pequenas variações. Há um interesse acentuado em desenvolver cultivares que tenham a capacidade de aumentar a fase linear da curva que corresponde ao período efetivo de enchimento do grão. A relação fonte-dreno da planta pode determinar a duração desse período, ou seja, a quantidade de fotoassimilados disponíveis (fonte) e a capacidade da espiga (dreno) em acomodar esses fotoassimilados. Portanto, os parâmetros limitantes responsáveis pelo crescimento dos grãos podem ser agrupados em: a) ritmo de enchimento; b) tempo de enchimento; c) capacidade do grão. A exportação de assimilados a partir das folhas (fonte) é controlada por diversos processos estruturais e bioquímicos interrelacionados, incluindo: taxa fotossintética, partição dos produtos iniciais da fotossíntese entre sacarose e amido, taxa de síntese de sacarose, demanda respiratória, compartimentação inter/intracelular da sacarose, transferência de sacarose entre os vários tipos de células e sua acumulação no interior do floema.

O descarregamento do floema ocorre através de diversas vias e mecanismos, em diferentes tipos de dreno. Em sistemas vegetativos (folhas e raízes) predomina uma via simplástica. Nesse caso, o movimento é promovido pelo metabolismo ou pela compartimentação dos assimilados.

Em drenos reprodutivos, a ausência de continuidade do simplasto entre os tecidos maternal e embriônico obriga o assimilado a entrar no apoplasto. Dependendo do tipo de dreno, a entrada subsequente para o interior do embrião pode ocorrer através de um carregador específico para a sacarose, ou um carregador para hexose, seguida da hidrólise da sacarose pela invertase. Existem diversos níveis de controle do processo de descarregamento,

incluindo metabolismo, compartimentação, células de transferência, ação hormonal e a influência da turgescência na liberação do assimilado pelo floema e sua recuperação pelas células do dreno (Thompson et al., 2001; Barrero et al., 2009).

Tem-se verificado que a alocação e a partição de assimilados entre as porções da planta de produtividade útil e de produtividade biológica, excluída a anterior, são flexíveis e estão sob controle genético. Alterações na partição obtidas pelo melhoramento genético têm levado a aumentos na produção. Os processos limitantes que determinam os limites superiores de produção devem incluir o descarregamento do floema e o metabolismo das células do dreno.

Grande importância têm merecido os aspectos relativos ao controle exercido por células e tecidos nos modelos de alocação dos assimilados durante o desenvolvimento da planta e dos determinantes da taxa de crescimento e da dimensão do dreno. Características estruturais de vários drenos têm sido determinadas, mas os mecanismos envolvidos ainda não foram totalmente esclarecidos. Além disso, as análises quantitativas do carbono, do nitrogênio e da economia de água através da planta estão constantemente fornecendo subsídios para a eventual modelagem do processo de suprimento e utilização de assimilados durante o desenvolvimento vegetal.

Algumas pesquisas têm sugerido que deveriam ser desenvolvidos milhos precoces para o florescimento e que permanecessem durante um período tão longo quanto possível para o enchimento de grãos. Tal sugestão é feita devido à forte associação que existe entre este caráter e a produção de grãos. Variabilidade genética para este caráter foi encontrada em inúmeros estudos.

Existe, ainda, uma forte associação entre a fase vegetativa e a fase de enchimento de grãos. Resultados experimentais apontam que híbridos tardios possuem um período de enchimento de grãos mais prolongado que o de híbridos precoces. Muitos dos genes que causam incremento no período de enchimento de grãos também incrementam a fase vegetativa, mas como esta associação não é absoluta, é possível a obtenção de materiais com fase vegetativa reduzida e período prolongado de enchimento de grãos.

## 8. Fotossíntese

Fotossíntese é o processo através do qual organismos vivos clorofilados convertem a energia da luz em energia química de moléculas orgânicas. O entendimento dos fluxos de  $\text{CO}_2$  na fotossíntese tem permitido desvendar as três etapas básicas acopladas ao processo fotossintético. Os aspectos fotoquímicos, fotofísicos (de transferência eletrônica com a formação de ATP e NADPH) e bioquímicos da fixação de carbono em compostos da fotossíntese já foram elucidados; entretanto, os aspectos genéticos ainda não foram totalmente esclarecidos. Pesquisas estão sendo realizadas envolvendo dois processos biológicos básicos: a) a expressão da informação genética; b) a regulação da fotossíntese. A investigação da natureza genética da fotossíntese tem possibilitado o entendimento dos mecanismos moleculares da auto-organização e auto-reprodução dos cloroplastos, sua herança e variabilidade e a sua atividade funcional. A regulação da eficiência fotossintética através da genética é um importante meio de aumentar a produtividade das culturas, uma vez que esta é baixa, em torno de 1%, na sua maioria.

Altas produtividades têm sido proporcionadas pelo aumento da área foliar, alterações na relação fitomassa e órgãos reprodutivos e por outras alterações morfofisiológicas. O desenvolvimento de métodos para regulação da fotossíntese e aumento da sua eficiência na utilização da energia solar é o mais importante meio de obter altas produções. No entanto, a relação entre fotossíntese e produção é bastante complexa e, às vezes, contraditória (Long et al., 2006). Isto se deve ao fato de que diversos fatores podem estar envolvidos, entre os quais pode-se citar a abertura estomática e a condutância de  $\text{CO}_2$  no interior das células do mesófilo, idade e localização das folhas, uso eficiente da radiação, deficiência hídrica e comportamentos diferentes em plantas, tipo de via para fixação do carbono ( $\text{C}_3$ ,  $\text{C}_4$  ou intermediária), e concentração de nitrogênio nas folhas. Grande parte da matéria seca do milho (90%) provém da fixação de  $\text{CO}_2$ , pelo processo da fotossíntese. O milho é uma planta de metabolismo  $\text{C}_4$ , que apresenta alta eficiência na utilização de

luz e CO<sub>2</sub>. Portanto, uma das causas da queda de produtividade do milho é a deficiência de luz em períodos críticos do desenvolvimento, como, por exemplo, enchimento de grãos.

Deve-se ressaltar, no entanto, que, apesar da eficiência das plantas C<sub>4</sub>, existem duas características da planta de milho que diminuem o potencial de eficiência das folhas. A mais limitante é o hábito de crescimento, que proporciona um autosombreamento das folhas inferiores. A outra é a presença do pendão, o qual fica inativo logo após a fertilização, mas que chega a sombrear as plantas em até 19%, dependendo da cultivar.

Para se estabelecer uma cultura eficiente no campo, aproveitando ao máximo a energia radiante, atenção é requerida tanto na densidade de plantio quanto na própria distribuição de plantas sobre a superfície, a qual é afetada pelo genótipo envolvido (Sangoi et al., 2007). Materiais com menor área foliar por planta requerem mais plantas por hectare, enquanto que plantas mais baixas requerem fileiras mais estreitas que plantas mais altas, para uma eficiente interceptação da luz. Uma boa densidade populacional de planta (estande) representa um fator de rendimento, pois é a partir daí que se vai ter uma cultura com sucesso (Otegui & Andrade, 2000). O ideal é um plantio adequado para a obtenção de um estande final, na colheita, de 40 a 60 mil plantas/ha. Cultivares modernas estão disponíveis no mercado e respondem bem a densidades de 70 mil plantas/há (Sangoi et al., 2007).

De acordo com Dwyer et al. (1991), a modernização dos sistemas de produção de milho tenderão a aumentar a densidade de planta para maximizar rendimento de grão. Em um desses estudos, quatro híbridos, nomeados de mais velho para mais recente, de acordo com o ano de lançamento no mercado (de 1958 a 1989), foram cultivados nas densidades de 20 mil, 80 mil e 130 mil plantas/ha.

Os índices de área foliar (IAF) dos híbridos mais recentes tenderam a ser maiores do que dos híbridos mais velhos, em comparáveis densidades de plantas. As taxas fotossintéticas foliares diminuíram em todos os híbridos, de acordo com o aumento de densidades, mas o declínio ocorreu em mais baixos IAF nos híbridos velhos. Como resultado, a respeito dos mais altos IAF dos híbridos recentes, eles mostraram uma igual ou mais alta resposta fotossintética da folha para irradiância (RFI) em todas as densidades de planta. A mais alta RFI dos recentes híbridos foi correlacionada com as mais altas taxas de crescimento da cultura (TCC) e rendimentos de grãos. Esses resultados sugerem que aumentos na densidade ótima de planta para grão e aumentos no rendimento devem ser atribuídos, em parte, para mais alto RFI, a elevados IAF em recentes híbridos.

Um caráter fisiológico observado em muitos genótipos de milho dessa última década é o chamado "stay green". Esse caráter envolve a capacidade da planta em manter suas folhas verdes (escape ou atraso da senescência) até próximo da maturação fisiológica dos grãos. Alguns trabalhos mostram uma relação entre atraso na senescência foliar e maior tolerância a altas densidades de plantas (Tollenaar & Lee, 2002; Valentinuz & Tollenaar, 2004; Sangoi et al., 2007).

O conteúdo de CO<sub>2</sub> na atmosfera, 0,03% (300 ppm), é limitante; daí cresce a necessidade de as plantas de milho tornarem-se eficientes na fixação desse gás. O ponto de compensação do CO<sub>2</sub> é diferente para plantas C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>. No milho (C<sub>4</sub>), é de 5 a 10 ppm, enquanto que, no feijão (C<sub>3</sub>), é de 30 a 70 ppm. Ressalta-se que ponto de compensação é a intensidade de luz na qual fotossíntese equilibra com a respiração (ganho líquido de CO<sub>2</sub> é igual a zero). Somente acima do ponto de compensação ocorre ganho de peso de matéria seca. As plantas C<sub>3</sub> são aquelas cujo primeiro composto estável formado na fotossíntese possui três átomos de carbono (3PGA, ácido fosfoglicérico). A enzima Rubisco (Ribulose 1,5 difosfato carboxilase/oxigenase) é a responsável pela fixação de CO<sub>2</sub> em compostos orgânicos em plantas C<sub>3</sub>. Já as plantas C<sub>4</sub> são aquelas cujo primeiro produto estável formado na fotossíntese possui quatro átomos de carbono (OAA, ácido oxaloacético). Tanto C<sub>3</sub> quanto C<sub>4</sub> utilizam a rota C<sub>3</sub>. O importante é que, nas plantas C<sub>4</sub>, a rota C<sub>3</sub> é precedida por passos adicionais, no quais há uma fixação preliminar de CO<sub>2</sub> através da enzima PEP-case (fosfoenolpiruvato carboxilase). Essa enzima, responsável pela fixação do CO<sub>2</sub> em plantas C<sub>4</sub>, é cerca de 100 vezes mais eficiente que a Rubisco.

Estudos com fixação do CO<sub>2</sub> em plantas tropicais (C<sub>4</sub>) revelaram o propósito da rota C<sub>4</sub>. Plantas tropicais devem evitar perda excessiva de água por transpiração, o que conseguem fechando os estômatos; porém, isto reduz o fluxo de CO<sub>2</sub> da atmosfera nas células das bainhas vasculares, causando uma diminuição na concentração de CO<sub>2</sub>. Conseqüentemente, a atividade da enzima Rubisco fica prejudicada. No entanto, as reações da PEP-case no mesófilo foliar têm uma afinidade muito mais alta por CO<sub>2</sub> e, assim, fixa CO<sub>2</sub> mais eficientemente. Essa reação serve para fixar e concentrar CO<sub>2</sub> na forma de oxaloacetato. Outra razão que limita a eficiência das plantas C<sub>3</sub> com relação às de ciclo C<sub>4</sub> é a fotorrespiração, que usa o O<sub>2</sub> produzido e destina menos carbono aos produtos finais, aparentando ser um processo de desperdício. Fotorrespiração inibe a formação líquida de fitomassa por plantas C<sub>3</sub> em até 50%. Plantas de metabolismo C<sub>3</sub> perdem 20 a 25% do carbono fixado devido à fotorrespiração, enquanto que as plantas com fotossíntese C<sub>4</sub> não mostram liberação mensurável de CO<sub>2</sub> à luz (Sage, 2002; Von Caemmerer, 2003; Sage, 2004). Fotossíntese líquida das plantas C<sub>4</sub>, como o milho, assume valores de 50 a 70 mg CO<sub>2</sub> dm<sup>-2</sup> de folha h<sup>-1</sup>, enquanto as plantas C<sub>3</sub> fixam CO<sub>2</sub> a taxas muito mais baixas (15 a 35 mg CO<sub>2</sub> dm<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>). Um aumento da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera leva a modificações fisiológicas principalmente em plantas do tipo C<sub>3</sub>. Nessas plantas com ambiente elevado de CO<sub>2</sub>, ocorre uma diminuição da condutância estomática e elevação da fotossíntese devido a dois fatores: (1) a aceleração da carboxilação e (2) diminuição da função oxigenase da rubisco (fotorrespiração). Em plantas do tipo C<sub>4</sub> foram observados diminuição da condutância estomática, porém a fotossíntese também decresceu. Há relatos que plantas em estresse hídrico decrescem a perda de água sob atmosfera elevada de CO<sub>2</sub> diminuindo o estresse (Long et al., 2004, 2005).

Fotossíntese pode ser medida diretamente pela absorção de CO<sub>2</sub> (usando um analisador de trocas gasosas por infravermelho) ou a evolução de O<sub>2</sub> (usando um eletrodo de Clark ou eletrodo de oxigênio). Embora tais medidas sejam importantes, informações sobre performance fotossintética não podem ser facilmente obtidas apenas pelas medidas de trocas gasosas. Medidas da fluorescência da clorofila têm-se apresentado como uma importante técnica em estudos fisiológicos de ecologia de plantas. O rendimento da fluorescência da clorofila revela o nível de excitação da energia no sistema de pigmentos que dirige a fotossíntese e tem-se constituído em potente ferramenta de *screening* para tolerância de plantas de milho a condições adversas, principalmente sob estresse hídrico (seca e encharcamento), solo com deficiência de nitrogênio e fósforo e solo com excesso de alumínio (Durães et al., 2002; Sayed, 2003; Magalhães et al., 2009).

## 9. O milho e o excesso de água

O encharcamento ou alagamento intermitente (saturação hídrica temporária do solo) é um dos estresses abióticos de maior impacto na sobrevivência de plantas em muitas regiões do mundo. Além de fatores naturais, como excesso de precipitação, águas marginais de cursos de rios e má drenagem, existem fatores antrópicos que influenciam o aumento de áreas alagadas, como urbanização excessiva, criação de hidrelétricas, remoção de vegetação, construção de canais, rodovias e irrigação inadequada (Dat et al., 2004).

O encharcamento também limita a exploração agrônômica de minifundiários que possuem, em suas propriedades, áreas de várzea onde ocorrem inundações frequentes em períodos de chuva, devido ao nível freático pouco profundo. O desenvolvimento de pesquisas avançadas para culturas tolerantes ao encharcamento certamente é uma alternativa para o aumento da produção brasileira, sendo um "atrativo agrônômico" para os 28 milhões hectares de terras brasileiras encharcadas com grande potencial agrícola (Magalhães et al., 2008).

O milho é uma cultura sensível ao alagamento (Magalhães et al., 2008; Fries, 2006). Somente no sul da Ásia, 15% das plantações de milho são afetadas por encharcamento e, na Índia, o excesso de água é o segundo fator de estresse depois do déficit hídrico (Zaidi et al., 2004).

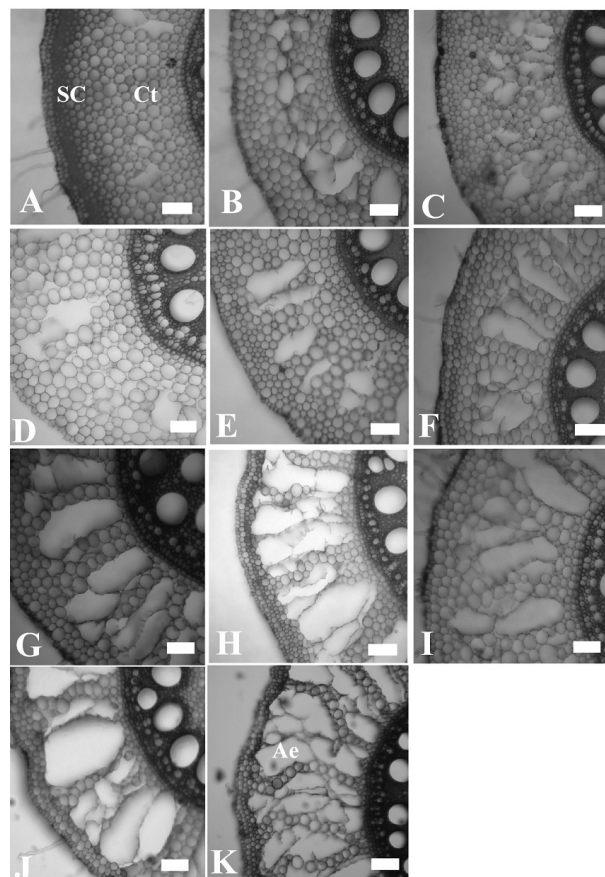
Solos com quantidades excessivas de água apresentam como característica problemas na aeração, o que leva à condição de baixa (hipoxia) ou nenhuma (anoxia) concentração de oxigênio (Alves, 2002; Zaidi et al., 2003). Sem oxigênio nas raízes, a respiração mitocondrial é bloqueada e a produção de

energia fica restrita à fermentação com um rendimento de 2 ATPs (Sairam et al. 2008). Além disso, a hipoxia diminui a condutividade hidráulica e afeta as aquaporinas, diminuindo a absorção de água e de nutrientes da raiz, além de diminuir a fotossíntese (Dell'amico et al. 2001; Tournaire-Roux et al. 2003; Souza et al., 2011).

Existem alguns trabalhos relacionados com a seleção de milho adaptado ao encharcamento. Zaidi et al. (2003 e 2004) procuraram genótipos de milho tolerantes ao encharcamento em várzeas indianas. Estudando, comparativamente, milho mexicano e indiano, estes autores constataram genótipos indianos bastante eficientes quanto à tolerância (CM-118 e CM-501), os quais tiveram boa germinação em ambientes anóxicos e suas plantas jovens apresentaram características como clorofila (a/b), peso seco da parte aérea, volume de raiz, transpiração, rendimento de grãos, intervalo entre a floração masculina e feminina (IFMF) e açúcares solúveis bastante superiores em relação às testemunhas. Também Zaidi et al. (2007), utilizando a seleção de linhagens elites de milho com favoráveis alelos para a tolerância ao encharcamento, conseguiram desenvolver híbridos com altos rendimentos e estáveis sob o excesso de água.

Silva et al. (2007), utilizando cruzamento de linhagens, observaram a herança da tolerância ao encharcamento do solo em milho avaliando características como peso seco da parte aérea e da raiz. Estudos semelhantes mostraram o desempenho de duas variedades venezuelanas frente ao excesso de água. Estas, comparadas com testemunhas, apresentaram maior desempenho quanto às características área foliar, massa seca, crescimento radicular, presença aerênquimas e raízes adventícias (Lizaso et al., 2001).

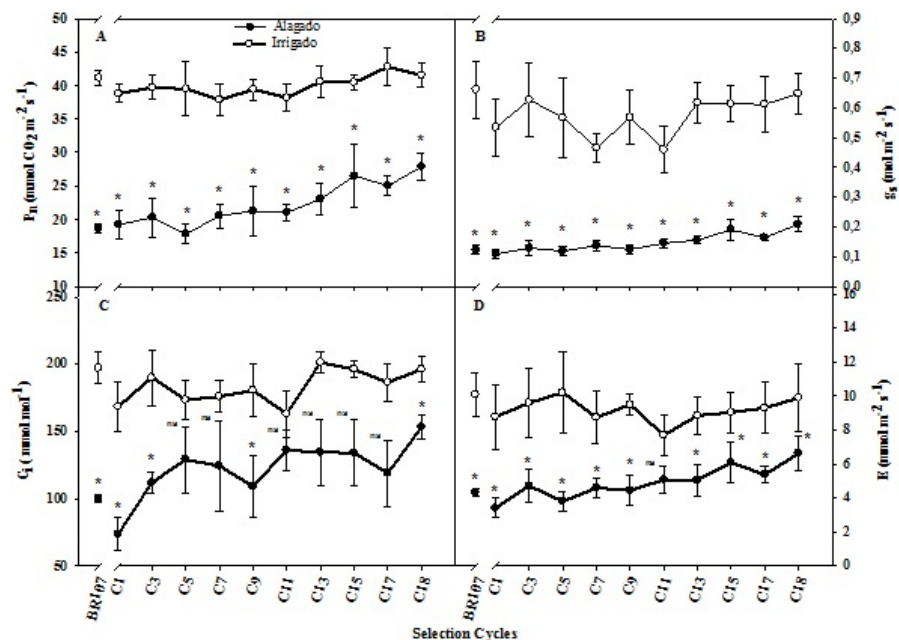
São poucos os materiais comerciais de milho adaptados a condições de encharcamento disponíveis no mercado. Entretanto, vale ressaltar uma variedade brasileira conhecida por milho "Saracura", cv. BRS 4154. O desenvolvimento desse material foi contínuo, tendo sido utilizado o método de seleção recorrente fenotípica estratificada modificada. Atualmente, esta variedade se encontra no 18º ciclo anual de seleção. Sua capacidade em tolerar períodos intermitentes de alagamento deve-se à presença de diferentes mecanismos bioquímicos e morfofisiológicos (Souza et al. 2009; Souza et al. 2010; Pereira et al. 2010; Souza et al. 2011). Com relação aos mecanismos de tolerância, destaca-se nesta variedade o aumento de câmaras na raiz (raiz com maior porosidade) chamadas de aerênquima ao longo dos ciclos de seleção (Figura 12). Os aerênquimas presentes em grandes quantidades nos últimos ciclos de seleção favorecem a aeração (Souza et al. 2009) e, conseqüentemente, maior absorção de água e nutrientes nas raízes e maior trocas gasosas foliares (como fotossíntese, transpiração e condutância estomática e carbono intercelular) (Figura 13). Ocorre uma forte relação entre essas câmaras e a produção (rendimento de grãos) no milho "Saracura" e o cálcio têm grande importância na tolerância do milho ao encharcamento (Melo et al., 2004; Ferrer et al., 2005; Souza et al., 2011).



**Figura 12.** Fotomicrografias de secções transversais radiculares do milho 'Saracura' ao longo dos sucessivos ciclos de seleção (alternados) e da testemunha sob alagamento intermitente. Ct = cótex; a = aerênquimas; CS = camada de células suberizadas (Exoderme). A = BR 107; B = C1; C = C3; D = C5; E = C7, F = C9; G = C11; H = C13; I = C15; J = C17; K = C18. A barra corresponde a 100  $\mu$ m. (Souza et al., 2009).

**Fonte:** Souza et al., (2009)





**Figura 13.** Características de trocas gasosas ao longo dos ciclos de seleção do milho 'Saracura' em duas condições hídricas. **A** taxa de fotossíntese foliar ( $P_n$ ), **B** condutância estomática ( $g_s$ ), **C** concentração intercelular de carbono ( $C_i$ ), **D** taxa de transpiração ( $E$ ). Asteriscos visualizados nos quadrantes da figura 13, (\*) Indica significância a  $P \leq 0.01$ . (Souza et al., 2011)

**Fonte:** Souza et al. (2011)

## 10. O milho e a falta de água

A absorção, o transporte e a consequente transpiração de água pelas plantas são consequência da demanda evaporativa da atmosfera (evapotranspiração potencial), resistência estomática e difusão de vapor, água disponível no solo e densidade de raízes (Klar, 1984; Pimentel, 2004).

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 possa-se 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 (Klar, 1984; Magalhães et al. 1995).

As restrições causadas pela baixa disponibilidade de água do solo (seca) ou pela alta demanda evaporativa acionam 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 profundo 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 frequência estomática; f) fluorescência da clorofila *a*; g) acúmulo de metabólito intermediário; h) ajuste osmótico (resistência e proteção à desidratação das células); i) modificações anatômicas; j) teor de clorofilas e carotenóides (Magalhães et al., 1995; Durães et al., 2005; Cruz, 2006; Xu et al., 2008; Hund et al., 2009; Zhu et al., 2010).

O milho é cultivado em regiões cuja precipitação varia de 300 mm a 5.000 mm anuais, sendo que a quantidade de água consumida por uma planta de milho durante o seu ciclo está em torno de 600 mm (Aldrich et al., 1982). 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; nesta 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 (Bergamaschi et al., 2004; Magalhães & Durães, 2008). Contudo, 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<sub>2</sub> para assimilação (fechamento dos estômatos), diminuição de atividades de enzimas da fotossíntese e limitação dos processos de alongação celular (Klar, 1984; Foyer et al., 1998; Carmo-Silva et al., 2010).

A falta de água no milho 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 (Ferreira et al., 2002). 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 (Serraj & Sinclair, 2002). Contudo para milho há trabalhos mostrando que a concentração de prolina nem sempre se correlaciona com o rendimento de grãos (Bolanos & Edmeades, 1991) e outros mostrando que eles se correlacionam (Chimenti et al., 2006).

Alguns genótipos de milho vêm mostrando modificações morfoanatômicas radiculares e foliares importantes para a tolerância a falta de água. Na folha podemos destacar a importância das células epidérmicas chamadas de buliformes. Essas células possuem um papel motor na folha, ou seja, no movimento de enrolamento foliar. Esse movimento do milho de enrolar suas folhas favorece um microclima e diminui a superfície de transpiração levando a uma perda menor de água. Uma maior quantidade de células buliformes e o maior tamanho dessas células promovem uma maior abertura da lâmina foliar expondo uma maior área da folha, portanto genótipos de milho com potenciais para a utilização no melhoramento para a seca apresentam folhas mais enroladas devido a células buliformes menores e em menor quantidade. Existem genótipos que naturalmente possuem suas folhas enroladas (Entringer, 2011). Na figura 14 e 15 podemos observar um genótipo com lâmina foliar enrolada e outro com lâmina foliar normal e suas respectivas células buliformes.

Na raiz, podemos destacar um aumento da espessura da camada de células suberizadas presentes na região da hipoderme (exoderme) e também do aumento de outra camada de células suberizadas chamada endoderme. Essas camadas possuem várias funções nas raízes de plantas, mas, no geral, são camadas de células especializadas em selecionar ou impedir algo (por exemplo, substância tóxica, microrganismos e outros) de entrar no córtex (exoderme) ou de entrar no cilindro vascular (endoderme). No caso do estresse hídrico, essas duas camadas impedem, na verdade, a saída de água dos feixes de xilema para o solo evitando a desidratação. Milho tolerante também possui xilema com diâmetro menor; assim diminui a chance de ocorrer embolismo e cavitação nos vasos devido à falta de água. Recentemente, também foi observado que, quanto maior a tolerância a seca no milho, maior a quantidade de aerênquimas. Com a presença de aerênquimas decresce o custo metabólico, devido à diminuição da presença de células em respiração já que essas câmaras nada mais são do que espaços de células mortas (Enstone et al., 2003; Pena-Valdivia et al., 2005; Zhu et al., 2010).

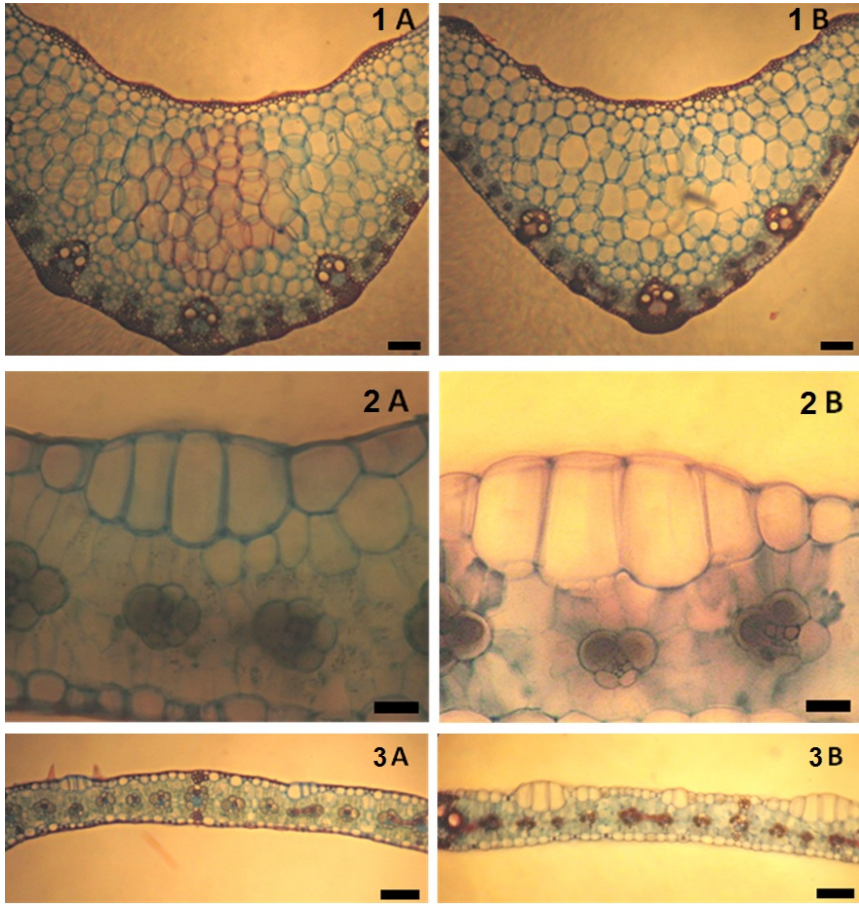
Com relação à capacidade da raiz de milho em chegar a camadas mais profundas do solo em busca de água, vêm se desenvolvendo pesquisas para quantificar melhor esta característica, pois nem sempre são fáceis de realizar. A abertura de trincheiras, por exemplo, com objetivo de caracterizar a morfologia radicular é bem complicada devido ao tempo gasto para abri-la e mão de obra. Recentemente, uma metodologia chamada "Shovelomics", em que são feitas medidas do ângulo de inserção das raízes no colo, vem trazendo bons resultados para a fenotipagem do milho para a seca. Genótipos tolerantes possuem ângulos de inserções menores caracterizando raízes mais profundas (Trachsel et al., 2011).

Apesar do alto requerimento de água pela planta de milho, ela é eficiente no seu uso para conversão de matéria seca. Por isso, a importância, em estudos de discriminação de genótipos de milho para tolerância ao estresse hídrico, verificar eficiência do uso da água. O aumento desta eficiência do uso da água (incorporação de carbono com um gasto menor de água) identifica genótipos tolerantes e pode ser calculado tanto a nível foliar (através de parâmetros de trocas gasosas) quanto no nível de dossel (Aldrich et al. 1982; Soler et al., 2007; Vitale et al., 2007; Hund et al., 2009; Magalhães et al., 2009).

Com relação a perda de água pelos estômatos, o fitohormônio ABA (ácido abscísico) é de grande importância. Sob baixa disponibilidade hídrica, há um grande acúmulo de ABA regulando a abertura e o fechamento dos estômatos. Por isso, seu acúmulo em folhas estressadas exerce um grande papel na redução da perda de água pela transpiração (Zhu, 2002). O ABA controla muitos processos importantes no crescimento e desenvolvimento da planta (Tardieu et al., 2010). Além de amplas funções no desenvolvimento e crescimento, ele também regula respostas adaptativas em várias condições adversas além da seca. O fechamento estomático também pode ser causado pelo aumento do transporte de ABA (através do xilema), produzido nas raízes, em contato com o solo seco, para a parte aérea (Schachtman & Goodger, 2008). Para verificar o teor de ABA na seiva do xilema em milho, lança-se mão de técnicas específicas para sua extração e análise (Goodger et al., 2005; Alvarez et al., 2008).



**Figura 14.** Linhagem com limbo foliar enrolado (A); Linhagem com o limbo foliar normal (B). (Entringer, 2011).  
**Fonte:** Entringer, (2011)



**Figura 15.** Seções transversais da nervura central (1A e 1B) barra = 100µm, mesofilo (2A e 2B) barra = 30µm e região da lâmina foliar (3A e 3B) barra = 100µm, de duas linhagens de milho, sendo (A), com o limbo foliar enrolado, e (B) com o limbo foliar normal. Fonte: (Entringer, 2011).

**Fonte:** Entringer, (2011).

**Autores deste tópico:** Paulo Cesar Magalhaes, Thiago Corrêa de Souza

## Manejo de solos

O manejo adequado do solo é essencial para a obtenção da produtividade de grãos que permita, ao mesmo tempo, um rendimento econômico satisfatório e a manutenção do potencial produtivo do solo. As operações de manejo de solos visam adequar o ambiente para o plantio e o estabelecimento das plantas de milho, podendo também ajudar no controle de plantas invasoras e no controle de erosão. O uso adequado do solo permite a manutenção da atividade agrícola de forma sustentável, permitindo atender às demandas da sociedade por alimentos, preservando o ambiente e minimizando a degradação física, química e biológica e a contaminação do solo e das águas.

Neste tópico, serão discutidos aspectos relacionados ao preparo convencional do solo, envolvendo o preparo primário do solo através da aração, e o preparo secundário, realizado por meio de gradagem. Serão também abordados aspectos relacionados ao plantio direto e à rotação de culturas. Grande parte do sucesso do Sistema de Plantio Direto (SPD) reside no fato de que a palha deixada por culturas de cobertura sobre a superfície do solo, somada aos resíduos das culturas comerciais, cria um ambiente extremamente favorável ao crescimento vegetal, contribuindo para a estabilização da produção e para a recuperação ou manutenção das características e propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, de tal modo que a sua qualidade seja melhorada (plantas de cobertura de solo).

Neste tópico, serão também apresentados aspectos relacionados aos equipamentos para o manejo de solo, uma vez que sua escolha e sua utilização, nos diferentes sistemas de manejo do solo, dependem das condições específicas e dos objetivos do tratamento que se quer dar ao solo. Além disso, os custos de energia dos diferentes sistemas de manejo do solo afetam sua viabilidade econômica.

## Preparo convencional do solo

O preparo convencional do solo, envolvendo aração e gradagens, ainda é utilizado na maioria das propriedades agrícolas do Brasil, com o objetivo básico de fornecer condições ótimas para a germinação, a emergência e o estabelecimento das plântulas. Além disso, o preparo convencional do solo permite também o controle mecânico da população inicial de plantas daninhas. Contudo, as operações motomecanizadas de preparo convencional constituem a principal forma de alteração de características físicas do solo, principalmente pela desestabilização da estrutura, que aumenta a erodibilidade da camada arável e pela compactação, que reduz a macroporosidade, a disponibilidade de água e ar no perfil, acarretando perda do potencial produtivo da área. Além disso, o preparo convencional provoca descontinuidade do sistema poroso, o que afeta a drenagem e aeração do perfil.

Nas condições de solos tropicais, com baixa fertilidade natural e acidez elevada, torna-se praticamente impossível estabelecer um sistema agrícola com boa produtividade inicial sem revolvimento do solo. Nesses casos, devem ser adotadas operações de preparo convencional, levando-se em conta as características da área, como o relevo, a textura e a fertilidade do solo, bem como o sistema de produção a ser estabelecido, para a escolha mais acertada de implementos e ações para obter um perfil de solo favorável ao desenvolvimento da cultura, com o mínimo de efeitos negativos às propriedades físicas do solo.

Basicamente, o preparo convencional do solo é realizado em duas etapas, que são o preparo primário e o secundário. O preparo primário consiste na operação mais grosseira, realizada com arados ou grades pesadas, que visa revolver o solo, sendo utilizada também para incorporação de corretivos, de fertilizantes, de resíduos vegetais e de plantas daninhas, ou para a descompactação superficial. Na incorporação de insumos ou de material vegetal, os equipamentos de discos são mais eficientes, pois permitem melhor mistura desses ao solo. Tem como desvantagem o potencial de causar compactação

subsuperficial. O arado de aivecas é eficiente na descompactação e na incorporação de resíduos vegetais. Por outro lado, tem baixa eficiência na mistura de insumos e pode deixar o solo desprovido de cobertura morta. O arado escarificador faz a descompactação do solo ao mesmo tempo em que mantém maior taxa de cobertura morta sobre o solo; por outro lado, tem baixa eficiência no controle de plantas daninhas e na incorporação e mistura de insumos ao solo.

A segunda etapa, chamada preparo secundário, consiste na operação de destorroamento e de nivelamento da camada arada de solo, por meio de gradagens do terreno. A gradagem destorroadora deve ser realizada imediatamente depois da aração. Caso contrário, os torrões perdem umidade e este equipamento perde eficiência, sendo necessário aumentar o número de gradagens, o que não é recomendado devido à pulverização excessiva do solo (Figura 1). Sendo um dos objetivos do preparo do solo o controle de plantas daninhas, pode-se proceder à última gradagem niveladora imediatamente antes do plantio, sem esquecer que o tráfego de máquinas e implementos sobre o solo preparado contribui muito para o adensamento da camada arável (compactação), devendo-se realizar apenas as operações estritamente necessárias.

Foto: Manoel Ricardo A. Filho



**Figura 1.** Solo sob preparo convencional mostrando operação de gradagem de nivelamento.

Com o propósito de minimizar o impacto negativo do preparo do solo, deve-se proceder ao planejamento integrado das atividades, visando a sustentabilidade da atividade por meio da adequação de equipamentos e do calendário de trabalho, evitando-se, por exemplo, as operações em períodos com maior umidade do solo devido ao maior potencial de compactação do solo. A elaboração do planejamento conservacionista da gleba deve ser feita em função das condições locais de clima e solo, adotando-se sistemas de controle de erosão, como os terraços em nível ou com gradiente, os canais escoadouros e bacias de captação e infiltração. Conforme o tipo de solo e a declividade, os terraços poderão ser de base larga (solos profundos, bem

drenados e declividade menor que 12%) ou base estreita (solos mais rasos ou de drenagem deficiente e declividade até 18%). Acima dessa declividade, os riscos de degradação do solo aumentam, não sendo recomendada aração para uso com culturas anuais.

Todas as operações mecânicas, a começar pelo preparo do solo, devem ser executadas preferencialmente em nível. Com este cuidado, cria-se uma série de pequenas depressões na superfície, que funcionam como pequenas barreiras ao escorrimento e formação da enxurrada, pelo aumento da rugosidade superficial, além de armazenarem a água até que esta se infiltre. O plantio e os cultivos realizados em nível, na sequência, aumentam a estabilidade do sistema de conservação de solo.

A utilização constante e repetida de um mesmo tipo de equipamento, como a grade pesada ou o arado de discos, trabalhando sempre numa mesma profundidade, pode provocar compactação do solo logo abaixo da camada preparada. Uma das maneiras de minimizar o risco de compactação é alternar anualmente a profundidade de preparo do solo. É importante também atentar para as condições de umidade do terreno por ocasião de seu preparo, pois é fator de grande influência na compactação. O ponto de umidade ideal é aquele em que o trator opera com o mínimo esforço, produzindo os melhores resultados na execução do serviço. Se o solo apresenta umidade acima da ideal, ocorre o aumento da dificuldade de operação e os riscos de compactação. Há maior adesão da terra nos implementos, chegando a impedir a operação, além da perda de tração (patinagem). Em solo muito seco, o destorroamento é ineficiente, exigindo maior número de passadas de grade para quebra em demasia dos torrões, com conseqüente prejuízo à estrutura do solo, além de incremento do consumo de combustível e dos custos de produção. Mesmo após as operações de preparo, ao longo de todo o ciclo da cultura deve-se evitar o tráfego de máquinas pesadas em áreas com a umidade do solo acima do ponto de friabilidade, ou seja, com o solo muito úmido.

## Compactação do solo

A compactação é a redução do espaço poroso e o aumento da resistência à penetração do solo, resultante de ações mecânicas sobre a superfície. Assim, a compactação decorre do uso de máquinas e equipamentos, devido ao peso total do equipamento ser distribuído em uma área muito pequena, nos gomos dos pneus ou nas extremidades dos discos e lâminas dos implementos, especialmente aqueles de preparo do solo para o cultivo, como tratores, arados, grades aradoras/niveladoras e subsoladores. Soma-se a esses o tráfego de máquinas e implementos nas aplicações de corretivos, fertilizantes e defensivos, no plantio e na colheita, além de possuir caráter cumulativo no solo, ou seja, o dano causado num determinado momento e a soma aos subsequentes, agravando o problema.

Na camada compactada, as características físicas do solo são modificadas em relação ao solo original. Durante o processo de compactação, após uma pressão no solo exercida pelas rodas dos tratores e por máquinas agrícolas, ocorre a quebra de agregados, a compressão da matriz argilosa e a redução do volume total, com o colapso dos macroporos. Decorre desse processo o aumento da densidade do solo, ocorrendo simultaneamente a redução da porosidade, especialmente a continuidade dos poros grandes, com a diminuição da troca gasosa (oxigênio e CO<sub>2</sub>); a limitação do movimento de nutrientes, a diminuição da taxa de infiltração de água no solo e o aumento da erosão. Nessa condição, a resistência do solo à penetração também é aumentada, elevando o requerimento de potência para o preparo do solo. Podem também ocorrer condições menos favoráveis ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas, que sofre uma série de modificações, tanto de ordem morfológica quanto fisiológica, alterando o seu padrão de crescimento, com tendência de distribuição mais horizontal e superficial, afetando o desenvolvimento da planta, que apresenta menor crescimento.

A identificação da camada compactada pode ser feita no campo, por meio de observações práticas, ou utilizando-se método apropriado, como a determinação da densidade do solo, que é o de maior precisão e largamente utilizado, uma vez que busca avaliar a proporção do espaço poroso em relação ao volume de solo. Apesar de muitas limitações, a resistência à penetração é frequentemente usada para indicação comparativa de graus de compactação, por causa da facilidade e rapidez para se realizar um grande número de medidas. Entretanto, quando forem feitas comparações dessas



determinações, a textura e o teor de umidade deverão ser os mesmos, pois essas medidas são afetadas por esses atributos do solo. A presença da compactação pode ser notada também através de observações dos sintomas visuais que provoca em plantas e no solo:

- a. **compactação superficial do solo** - causada principalmente pelo tráfego, está associada ao volume de macroporos destruídos, sendo proporcional ao volume de espaço criado pelo rebaixamento da superfície do solo em relação à sua posição original. A compactação superficial tem crescido como problema em áreas de plantio direto, formando um impedimento físico abaixo dos sulcos de plantio (5 cm de profundidade), que resulta em menor área de solo a ser explorada pelo sistema radicular, comparando-se com a compactação subsuperficial no plantio convencional;
- b. **compactação em subsuperfície** - resultante principalmente das operações de preparo de solo, aparecendo geralmente entre 10 cm e 20 cm de profundidade, perceptível na forma de camada endurecida e também na forma de "espelhamento" no solo após a passagem do implemento (pé-de-grade);
- c. **água empoçada** - em solos que originalmente não apresentavam esse problema, não havendo possibilidade de escoamento do excesso de água, esta permanece sobre a superfície, formando depressões ou mini vossorocas apresentadas pelo terreno em cultivo (Figura 2);
- d. **erosão hídrica** (Figura 3) - é caracterizada pelo movimento sobre a superfície do terreno do excesso de água não infiltrada e pela deposição nas áreas mais baixas, com carreamento de massa do solo dependente da competência erosiva do escoamento superficial. Manifesta-se nas suas diferentes formas, desde laminar, em que se percebe a remoção mais homogênea, em toda a superfície, de pequena camada do solo, até as suas formas mais severas, em sulcos, podendo evoluir para voçorocas;
- e. **aumento de requerimento de potência para o preparo do solo** - a camada compactada oferece maior resistência também aos implementos de preparo de solo, de tal maneira que é necessário usar maior potência para executar uma atividade, que anteriormente exigia menor requerimento de potência;
- f. **sistema radicular superficial e mal formado** - a camada compactada exerce resistência à penetração das raízes, muitas vezes maior do que a pressão de crescimento das raízes. Quando isso ocorre, há alteração no seu padrão de crescimento, na morfologia das raízes, que se tornam mais grossas e tortuosas, e na disposição do sistema radicular, reduzindo a eficiência em extrair água e nutrientes do solo. As raízes crescem mais no sentido horizontal, acima dessa camada, explorando um volume menor de solo.
- g. **demora na emergência das plântulas** - ocorre retardamento do processo de germinação da semente e emergência das plântulas, em razão da maior dificuldade para a infiltração da água e para as trocas gasosas;
- h. **padrão irregular de crescimento das plantas** - observa-se um crescimento irregular de plantas, geralmente de porte mais baixo que o normal, associado ao menor acesso a água e nutrientes pelo sistema radicular. A cultura do milho, por exemplo, apresenta aumento no porte da planta exponencialmente proporcional à porosidade de aeração (macroporos) e inversamente proporcional à resistência do solo à penetração;
- i. **folhas com coloração não característica** - ocorre em razão principalmente de deficiência nutricional, resultante de problemas relacionados à absorção de nutrientes em decorrência da má conformação das raízes e do menor volume de solo explorado, devido à compactação. Pode também ser resultante do encharcamento do perfil do solo acima da camada compactada, que restringe a aeração do sistema radicular.

Uma vez identificada a presença de camada compactada e constatado que essa está causando problemas ao desenvolvimento das plantas e degradação do solo, o próximo passo é a sua eliminação. A técnica a ser adotada e sua eficiência vão depender do tipo de solo, da profundidade em que a ela se encontra e do grau de problema que ela esteja causando. Em situações em que ela ainda não é muito intensa, é possível contornar o problema modificando o sistema de manejo de solo e utilizando-se da rotação de culturas, incluindo plantas de sistema radicular mais vigoroso e fasciculado, capazes de penetrar em solos que ofereçam maior resistência. O sistema radicular dessas plantas irá deixar canalículos por onde penetrarão água e raízes de outras espécies mais susceptíveis à compactação. Quando necessário realizar o rompimento da camada compactada com implemento, deve-se empregar aquele que alcance a profundidade imediatamente abaixo da zona compactada e isto será feito da seguinte forma: se até a profundidade de 35

cm, ela pode ser rompida com o arado de aivecas ou o arado escarificador; se em profundidades maiores, com o subsolador. Contudo, a subsolagem é uma das operações de maior consumo energético, devendo ser utilizada só quando estritamente necessária e nas condições ideais de umidade. Quando for usado o escarificador ou subsolador, para o rompimento da camada compactada, deve-se levar em consideração que o espaçamento entre as hastes determina o grau de rompimento da camada compactada pelo implemento. O espaçamento entre as hastes deverá ser de 1,2 a 1,3 vezes a profundidade de trabalho pretendida. A umidade do solo também deverá ser baixa o suficiente para permitir a quebra da camada compactada. 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, já que o simples rompimento de camadas compactadas não impede a reconsolidação do solo, pelo fato de a estrutura continuar desestabilizada. Assim, as estratégias para recuperação devem incluir a mudança do sistema de manejo, o redimensionamento de máquinas e o uso da rotação de culturas. Para isso, deve-se lançar mão das técnicas de manejo e conservação do solo que sejam factíveis com a realidade na qual se trabalha.

Foto: Ramon Costa Alvarenga



**Figura 2.** Processo erosivo inicial em lavoura de milho, com o sistema radicular sendo exposto.

Foto: Manoel Ricardo de Albuquerque Filho



**Figura 3** . Erosão hídrica em lavoura de milho mostrando solo em movimentação.

## Sistema plantio direto

O sistema de plantio direto é uma tecnologia conservacionista, utilizada desde a década de 1970 no Brasil, já bastante difundida entre os agricultores, dispondo-se atualmente de sistemas adaptados a diferentes regiões e aos diferentes níveis tecnológicos (Figura 4).

Foto: Ramon Costa Alvarenga



**Figura 4.** Sistema de plantio direto de milho.

Esse sistema de produção requer cuidado na sua implantação mas, depois de estabelecido, seus benefícios se estendem não apenas ao solo, mas, também, ao rendimento das culturas e à competitividade dos sistemas agropecuários. Devido à drástica redução da erosão, o Plantio direto reduz o potencial de contaminação do meio ambiente por sedimentos, 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 Sistema Plantio Direto (SPD) é uma ferramenta essencial para se alcançar a sustentabilidade dos sistemas agropecuários.

## Fundamentos do sistema plantio direto

O plantio direto é uma técnica de cultivo conservacionista em que o plantio é efetuado sem as etapas do preparo convencional da aração e da gradagem. Nessa técnica, é necessário manter-se o solo sempre coberto por plantas em desenvolvimento e por resíduos vegetais. Essa cobertura tem por finalidade proteger o solo do impacto direto das gotas de chuva, do escoamento superficial e das erosões hídrica e eólica. O plantio direto pode ser considerado como uma modalidade do cultivo mínimo, visto que o preparo do solo limita-se ao sulco de semeadura, procedendo-se à semeadura, à adubação e, eventualmente, à aplicação de herbicidas em uma única operação.

O plantio direto, definido como o processo de semeadura em solo não revolvido, no qual a semente é colocada em sulcos ou covas, com largura e profundidade suficientes para a adequada cobertura e contato das sementes com a terra, é entendido como um sistema com os seguintes fundamentos:

- Eliminação/redução das operações de preparo do solo.
- Uso de herbicidas para o controle de plantas daninhas.
- Formação e manutenção da cobertura morta. Os dados da Tabela 1 exemplificam o efeito de restos culturais no escoamento superficial, infiltração e perdas de solo.

**Tabela 1.** Efeito de diferentes níveis de resíduos culturais no escoamento superficial, infiltração e perda de solo, em declividade de 5%.

Resíduos (t/ha)

Efeitos sobre a água e solo

	Escorrimento (%)	Infiltração (%)	Perda de solo (t/ha)
0	45,3	54,7	13,69
0,550	24,3	74,7	1,56
1,102	0,5	99,5	0,33
2,205	0,1	99,9	0
4,410	0	100,0	0

Fonte: Adaptado de Ramos (1976) citado por Ruedell (1998).

- Rotação de culturas.
- Uso de semeadoras específicas.

As vantagens ou desvantagens do plantio direto dependem de uma série de fatores e características do solo e do clima da região onde esse sistema é ou será utilizado, e é fundamental que, em cada região, o sistema seja adaptado seguindo suas vocações naturais, de forma que o sistema seja o mais eficiente possível. Além disso, verifica-se que, à medida que o agricultor se torna mais familiarizado com o sistema, novas vantagens são adicionadas e novas alternativas para resolver problemas vão surgindo.

## Requisitos para a implantação do plantio direto

Para o sucesso do SPD, são necessários os seguintes requisitos:

### 1. Qualificação do agricultor

Por se tratar de um sistema complexo, é exigido que o agricultor tenha um conhecimento mais amplo e domínio de todas as fases do sistema, envolvendo o manejo de mais de uma cultura, e muitas vezes, uma associação de agricultura e pecuária. O sistema exige ainda um acompanhamento mais rígido da dinâmica de pragas, doenças e plantas daninhas, do manejo de fertilizantes e das modificações causadas ao ambiente, à medida que o sistema vai sendo implantado.

### 2. Gerenciamento e treinamento de mão-de-obra

Pelas razões expostas no item anterior, verifica-se a necessidade de maior treinamento da mão-de-obra. Esta é especialmente importante com relação às pessoas que irão operar as principais máquinas do sistema (semeadoras, pulverizadoras e colhedoras) e realizar os tratamentos culturais.

### 3. Boa drenagem de solos úmidos com lençol freático elevado

Este requisito é necessário para que esses solos sejam aptos ao sistema, pois o plantio direto já promove um aumento da água no solo (em consequência do menor escoamento superficial, da maior infiltração e da menor evaporação) o que pode agravar o problema de excesso de umidade em solos com drenagem deficiente.

#### **4. Eliminação, antes da implantação, de compactação ou de camadas adensadas**

A presença de camadas compactadas no solo, geralmente resultantes do uso inadequado de arados ou grade aradoras, causa uma série de problemas que podem reduzir a produtividade. Como no plantio direto não há o revolvimento do solo, a eliminação dessas camadas compactadas deve ser realizada antes da implantação do sistema.

#### **5. Nivelamento da superfície do terreno**

Solos cheios de sulcos ou valetas devem ser nivelados previamente, tornando a superfície do terreno o mais homogênea possível. Esse problema também é comum em áreas de pastagens degradadas. Existem no mercado plantadoras/semeadoras com sistema de plantio que permite acompanhar o microrrelevo do solo; entretanto, o ideal é o preparo prévio da área.

#### **6. Correção da acidez do solo antes de iniciar o plantio direto**

Como no sistema plantio direto o solo não é revolvido, é muito importante corrigi-lo tanto na camada superficial como na subsuperfície. Para isto, ele deverá ser amostrado de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm e, se necessário efetuar a calagem, incorporando o calcário o mais profundamente possível; se for necessário, deve-se proceder à aplicação de gesso para correção da camada subsuperficial. No sul do país, a aplicação de calcário sobre a superfície e sem incorporação ao solo tem sido efetiva, trazendo vantagens econômicas, devido ao menor custo da aplicação, pois não há incorporação por meio da aração e gradagens e, de conservação do solo, pois, sem o revolvimento, mantém-se a estrutura física do solo, o que é fundamental no controle da erosão, principalmente em solos de textura média e arenosa. Mas essa técnica deve ainda ser validada nas demais situações do país.

#### **7. Nivelamento da fertilidade na faixa de média a alta**

As correções dos teores de fósforo e potássio são necessárias antes de iniciar o Sistema Plantio Direto. O agricultor deve ter como meta manter os níveis de fertilidade na faixa alta e estabelecer um programa de adubação de reposição, levando em consideração o sistema de produção como um todo, e as menores perdas de nutrientes resultantes da menor erosão.

#### **8. Cobertura de solo**

Os restos culturais devem cobrir, pelo menos, 80% da superfície do solo, ou manter 6 t/ha de matéria seca para cobertura do solo. Este é um dos requisitos mais importantes para o sucesso do plantio direto, por afetar praticamente todas as modificações que o sistema promove, e o mais variável entre diferentes regiões, pois as opções de explorações agrícolas e de cobertura do solo dependem das condições climáticas, bem como a disponibilidade de informações relativas a espécies alternativas e épocas de semeadura em cada local.

#### **9. Nenhuma queima de restos culturais**

Jamais pensar em queimar os restos culturais. Este requisito é obvio, mas pode ser um problema com a cultura do algodão, para a qual, por razões fitossanitárias, é recomendada a queima de restos culturais.

#### **10. Uso do picador e do distribuidor de palhas nas colhedoras**

O objetivo dessa prática é promover melhor distribuição dos restos culturais na superfície do solo, facilitando o plantio e protegendo mais uniformemente o solo.

### **11. Controle de plantas daninhas**

As plantas daninhas deverão ser identificadas e receber um controle específico, antes de iniciar o sistema de plantio direto.

### **12. Eliminação de plantas daninhas perenes**

Essas plantas daninhas são de difícil controle, e podem tender a aumentar sua infestação com o uso do plantio direto, daí a importância de sua erradicação antes de se iniciar o SPD.

### **13. Não haver alta infestação de plantas daninhas muito agressivas**

Essas plantas daninhas, além de difícil controle, onerarão o custo de produção. Como, no plantio direto, as plantas daninhas serão controladas quimicamente, e sendo esse controle responsável por um alto percentual do custo de produção total, toda ação que reduzir ou facilitar o controle de plantas daninhas antes da instalação do sistema plantio direto deverá ser adotada. Na medida em que se consegue a formação de uma camada mais efetiva de palha na superfície do solo, associada a um programa adequado de rotação de culturas, o controle de plantas daninhas será facilitado e seu custo diminuirá.

O sucesso ou insucesso da implantação do plantio direto depende, além desses requisitos básicos, da capacidade gerencial do produtor e de sua experiência no manejo de diferentes culturas que farão parte dos sistemas de rotação e ou sucessão de culturas.

## **Funções da palhada no plantio direto**

A palhada representa um ponto fundamental do plantio direto e desempenha as seguintes funções:

1. Reduz o impacto das gotas de chuva, protegendo o solo contra a desagregação de partículas e compactação.
2. Dificulta o escoamento superficial, aumentando o tempo e a capacidade de infiltração da água da chuva. Como consequência, há uma significativa redução nas perdas de solo e água pela erosão.
3. Protege a superfície do solo da ação direta dos raios solares, reduzindo a temperatura e a evaporação, mantendo, conseqüentemente, maior quantidade de água no solo.
4. Reduz a amplitude hídrica e térmica, favorecendo a atividade biológica.
5. Aumenta o teor de matéria orgânica no perfil do solo, aumentando a disponibilidade de água para as plantas, a CTC do solo e melhora suas características físicas.
6. Ajuda no controle de plantas daninhas, por supressão ou por ação alelopática.

## Rotação de culturas

Na implantação e condução do sistema de plantio direto de maneira eficiente, 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 4,0 t/ha de fitomassa seca. Como segurança, indica-se que devem ser adotados sistemas de rotação que produzam, em média, 6,0 t/ha/ano ou mais de fitomassa seca. Neste caso, a soja contribui com muito pouco, raramente ultrapassando 2,5 t/ha de fitomassa seca. Por outro lado, gramíneas como o milho, de ampla adaptação a diferentes condições, têm ainda a vantagem de deixar uma grande quantidade de restos culturais que, uma vez bem manejados, proporcionam vantagens adicionais aos sistemas, conforme já mencionado.

Na conversão para o sistema plantio direto, é importante priorizar a cobertura do solo, principalmente se as áreas apresentarem um certo grau de degradação da matéria orgânica. Para isto, onde for possível, as culturas de milho e de aveia integradas e de forma planejada no sistema de rotação proporcionam alto potencial de produção de fitomassa e de elevada relação C/N, garantindo a manutenção da cobertura do solo, dentro da quantidade mínima preconizada e por maior tempo de permanência na superfície. O cultivo do milho com espaçamento mais estreito entre as linhas e ou consorciado com leguminosas como o feijão-bravo proporciona a formação de elevada quantidade de fitomassa, além de bons rendimentos de grãos. Também as braquiárias apresentam essas condições (quando bem conduzidas proporcionam elevado índice de cobertura do solo e fitomassa seca e excelente e vigoroso sistema radicular) e representam uma excelente alternativa em áreas de integração lavoura-pecuária.

Especial atenção deve ser dada à soja e ao milho, culturas mais usadas no plantio direto, e que apresentam grandes vantagens quando plantadas em rotação (ou seja, uma em substituição à outra na safra seguinte de verão), inclusive com aumentos significativos nos rendimentos de ambas as culturas.

No sul do Brasil, pelas 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 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 cobrir o solo e aumentar o aporte de restos culturais sobre a sua superfície, exigindo que estas tenham características peculiares, como um rápido desenvolvimento inicial e maior tolerância à seca.

No Brasil Central, a implantação do sistema plantio direto tem sido facilitada em áreas onde é possível o desenvolvimento de safrinha. A safrinha só é possível onde o período chuvoso se prolonga um pouco mais. Dentre as principais culturas de safrinha, destacam-se o milho, o sorgo, o milheto e o girassol. Em algumas regiões, como o Sul de Minas Gerais, o plantio da soja não é comum, o que restringe as alternativas de rotação de culturas e dificulta a implantação do plantio direto. Além disso, nessa região, a interação agricultura-pecuária é muito forte, sendo comum a produção de milho para a produção de silagem, onde a parte aérea da planta é retirada do terreno, reduzindo o aporte de resíduos vegetais ao solo. Porém, a experiência de vários agricultores da região tem demonstrado ser possível o plantio do milho sobre palhada de braquiárias (Figura 5). Nesse caso, quando a cobertura inicial não é ainda adequada, é comum o plantio do milho consorciado com a braquiária. A semente da forrageira geralmente é colocada junto ao adubo da plantadora de milho e semeada a uma profundidade (6 a 8 cm) maior do que a do milho. Em algumas situações, a braquiária é também semeada nas entrelinhas do milho. Alguns agricultores já usam, após o milho para silagem, o plantio de outra safra do próprio milho (tecnicamente não recomendado), aveia, sorgo forrageiro ou de corte e pastejo ou milheto. Essas alternativas, embora sejam viáveis, não podem se repetir seguidamente, necessitam de alguma outra opção (como uma leguminosa - mucunas, crotalárias ou feijões) para quebrar esse ciclo de plantio de gramíneas.





**Figura 5.** Sistema de plantio direto de milho em palhada de Braquiária.

## Desenvolvimento de plantas e produtividade

Uma vez que o plantio direto altera as condições químicas, físicas e biológicas do solo, elas também afetarão o desenvolvimento das plantas e a produtividade. Observa-se maior concentração das raízes das plantas de milho na camada superior do solo em plantio direto, comparado ao convencional. Porém, quanto maior o tempo de adoção do SPD, ou seja, com rotação de culturas, melhor será a distribuição do sistema radicular em profundidade, caracterizando um melhor aproveitamento do volume de solo explorado, levando sempre em consideração o tipo de solo, as condições climáticas de cada local e o nível de fertilidade de cada área avaliada. Embora seja nítida a modificação no sistema radicular, nem sempre existe uma relação direta entre o número de raízes e o rendimento da cultura.

Em algumas situações, há uma maior dificuldade no estabelecimento da densidade de plantio desejada, especialmente em condições de alta quantidade de resíduos e em solo mais úmido ou mal drenado. Também uma distribuição irregular de resíduos na superfície do terreno e desuniformidades do microrrelevo podem contribuir para reduzir a densidade de plantio, provocar uma emergência desuniforme e diminuir o crescimento inicial e atrasar a maturidade. Para compensar esses problemas, recomenda-se que as cultivares para o plantio direto apresentem um melhor enraizamento, melhor vigor inicial e rapidez de desenvolvimento. Melhor ainda é regular cuidadosamente a semeadora e promover a semeadura a velocidades menores ou em torno de 4 km/h.

As diferenças nas produtividade das culturas refletem, além do sistema de manejo do solo, todas as características do sistema de produção utilizado. Mais do que qualquer resultado de pesquisa, a espetacular expansão do plantio direto a partir dos anos 90 demonstra a competitividade desse sistema, em

que a cultura do milho, juntamente com a da soja, ocupa posição de destaque. Obviamente, a maior eficiência do plantio direto, refletido em termos de produtividade, vai depender da eficiência de sua implantação e das condições edafoclimáticas da região.

## Plantio direto do milho safrinha

A implantação do milho safrinha no final do período chuvoso deixa o agricultor na expectativa de ocorrência de déficit hídrico a partir desse período. 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 imediatamente após a 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 a água disponível para as plantas.

## Plantas de cobertura de solo

Atualmente, os sistemas de produção têm como fundamento, além da produção de alimentos, a manutenção de adequada quantidade de palhada para cobertura do solo. Grande parte do sucesso do sistema de plantio direto (SPD) reside no fato de que a palha deixada por culturas de cobertura sobre a superfície do solo, somada aos resíduos das culturas comerciais, cria um ambiente extremamente favorável ao crescimento vegetal, contribuindo para a estabilização da produção e para a recuperação ou manutenção das características e propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, de tal modo que a sua qualidade seja mantida ou melhorada.

Assim, haverá um SPD mais estabilizado na medida em que o sistema de produção privilegiar a rotação, sucessão e consorciação como ferramentas para a manutenção da camada de palha sobre o solo ao longo do tempo e, assim, conseguir todos os benefícios dessa prática implementando o sistema de plantio direto na palha (SPDP).

A quantidade e a qualidade da palha sobre a superfície do solo dependem do sistema de produção adotado e, por vezes, do tipo de planta de cobertura e do manejo que lhe é dado. Primeiramente, deve-se selecionar aquelas espécies com maior potencial de crescimento e de absorção de nutrientes para as condições locais, tomando-se por base a rapidez com que se estabelecem e as suas produções de fitomassa. Quanto mais rápido o estabelecimento, maiores os benefícios físicos advindos da cobertura na proteção do solo e na supressão de plantas daninhas. A maior produção de fitomassa indica maior oferta de palha sobre o solo, podendo, ainda, dar uma ideia sobre a reciclagem de nutrientes, desde que se conheça o padrão de extração de nutrientes pela espécie selecionada. De qualquer maneira, quando essas plantas são cultivadas consorciadas ou em sucessão a cultura principal, o seu desenvolvimento deve ser monitorado até pouco antes da cultura começar a produzir sementes viáveis. Neste ponto deve ser realizado o manejo destas plantas por um método químico (herbicidas dessecantes) ou físico, neste caso, tomando-se o cuidado de não picar demasiadamente os resíduos, o que acelera a sua decomposição. Também é desejável que sejam distribuídos o mais uniformemente possível sobre o solo.

Na escolha da planta de cobertura, deve ser levada em consideração, também, a disponibilidade de sementes, as condições do solo, a sua rusticidade, especialmente quanto à tolerância ao déficit hídrico, e a possibilidade de utilização comercial. Outro ponto de importância a ser observado é conhecer o potencial de serem hospedeiras de pragas e doenças. Assim, é possível alterná-las de tal modo que a cultura subsequente não sofra prejuízos, pelo contrário, se beneficie das características favoráveis da cultura anterior.

Essas plantas devem possibilitar, ainda, um fácil manejo com a camada de palha formada, oferecendo pequena resistência aos componentes de corte das semeadoras, de tal modo que o plantio subsequente possa ser realizado sem dificuldades operacionais.

A quantidade de palha sobre o solo e a uniformidade da sua distribuição pode servir de referência para uma avaliação preliminar sobre as condições nas quais o SPDP está se desenvolvendo. É desejável que mais de 50% da superfície do solo esteja coberta com resíduos. Igualmente importante é a distribuição, a mais uniforme possível, dos resíduos sobre o solo. Dessa forma, maximizam-se os benefícios da cobertura do solo para o SPDP. Por outro lado, a taxa de decomposição dos resíduos vegetais modifica a cobertura do solo ao longo do tempo, sendo importante o cultivo de plantas especializadas na produção de fitomassa, para incrementar a cobertura deixada pelas culturas produtoras de grãos.

Na região Sul, devido às condições climáticas, com inverno mais frio e melhor distribuição de chuva, é possível manter, com maior facilidade, uma cobertura adequada do solo com palha durante todo o ano. Esta é a principal característica que a diferencia da região dos Cerrados, onde em grande parte o inverno seco inviabiliza a produção das culturas em condições de sequeiro. Desse modo, o estabelecimento de uma cobertura do solo com plantas semeadas para essa finalidade, em março ou abril, ou o seu cultivo consorciado constitui o maior desafio para o SPDP na região dos Cerrados. Soma-se a isto o fato de que as condições climáticas da primavera-verão condicionam uma alta taxa de decomposição desse material, de tal sorte que a cobertura do solo é reduzida rapidamente, devendo haver um aporte constante desse material ao solo. Em razão disso, o sistema de rotação e de consorciação de culturas é de fundamental importância como mecanismo para aumentar a taxa de cobertura do solo. O sistema de rotação mais usado é soja-milho, em que a soja fornece menor quantidade de resíduos de rápida decomposição, ao passo que os restos culturais do milho são em maior quantidade e de maior persistência como cobertura (Figura 6). Dessa forma, plantas de cobertura devem ser introduzidas no sistema, com o objetivo de aumentar a oferta de palha sobre a superfície. O modelo ideal de planta de cobertura para essa condição seria aquele que apresentasse alta produção de fitomassa com alta taxa de absorção de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo, alta tolerância ao déficit hídrico, às pragas e doenças e ao consórcio, com efeito alelopático sobre as plantas daninhas, de fácil estabelecimento e controle, baixa taxa de decomposição e, ainda, alto valor agregado. Impossível reunir todas essas qualidades em apenas uma espécie, o que leva ao raciocínio lógico da necessidade de ser usada mais de uma espécie, sendo que uma irá procurar suprir a deficiência de outra em algum quesito, além de incrementar a diversificação da rotação e da sucessão de culturas.

Foto: Ramon Costa Alvarenga



**Figura 6.** Restos culturais de milho.

Exceto na região Sul, onde é possível o cultivo de culturas de verão e de inverno, nas demais regiões, na busca de maior cobertura de solo, algumas alternativas se sobressaem como estratégias para o cultivo dessas culturas, visando, ainda, um menor grau de interferência sobre o rendimento da cultura principal. Dentre essas alternativas, sobressaem-se: 1) cultivo antecipado da cultura de cobertura, conhecido regionalmente como plantio no pó, plantio no cedo ou plantio na poeira, usado principalmente naquelas regiões onde o período chuvoso se inicia mais cedo. Com a modernização dos sistemas de produção, esta alternativa está caindo em desuso. Ainda assim, nesse sistema busca-se antecipar o plantio da cultura de cobertura às primeiras chuvas, objetivando o estabelecimento delas. O plantio pode se dar em linha ou a lanço, com acréscimo de 30% na quantidade de sementes. A fitomassa produzida é dessecada na época mais adequada, de tal modo que o plantio da cultura principal não seja prejudicado, havendo a possibilidade de se retardar esse plantio com vistas à maior produção de fitomassa da cultura de cobertura. Geralmente, para a cultura principal, é dada preferência a cultivares de ciclo tardio, para que se mantenham por mais tempo as culturas estabelecidas, promovendo a cobertura do solo, e que entrariam somente mais tarde num processo de decomposição, após a colheita, quando as condições de mineralização são menos favoráveis. 2) cultivo em sucessão à cultura principal. É importante que a cultura principal seja instalada o mais cedo possível e que esta seja de ciclo precoce, para que o plantio, na sucessão, das plantas de cobertura, seja feito quando ainda houver possibilidade de eventos de chuva, de tal modo que elas se estabeleçam. Outro fator importante a ser considerado é a escolha da espécie, devendo ser dada preferência àquelas de maior tolerância ao déficit hídrico. Nesse particular, destacam-se o milheto, o sorgo e as braquiárias, dentre as gramíneas, e o guandu, dentre as leguminosas. Há uma expectativa de que essas plantas possam ser utilizadas como forrageira ou na produção de sementes, como forma de reduzir os custos de produção, sendo os seus resíduos destinados à formação de palha. Essa prática, entretanto, deve ser implementada como regra quando já houver uma camada de palha sobre o solo, pois, caso

contrário, corre-se o risco de a quantidade de palha não ser suficiente para proporcionar as condições mínimas para um adequado desenvolvimento do sistema. 3) Sobressemeadura, cuja adoção tem aumentado, especialmente com a cultura da soja, e mostra-se como uma possibilidade para se tentar aumentar o aporte de palha ao solo. Ela consiste no lançamento das sementes ao solo, quando ainda existe outra cultura estabelecida na área. Esta prática tem sido feita na cultura da soja, a partir do estágio reprodutivo, e na cultura do milho, no enchimento dos grãos, usando o milheto e principalmente as braquiárias, embora existam outras espécies que se prestam a essa prática. Com isto, busca-se a germinação e o estabelecimento das plantas no período de maturação e pós-colheita da soja ou do milho, quando ainda há umidade no solo. O consumo de sementes nessa modalidade é aproximadamente o dobro daquele utilizado no semeio em linha. 4) Cultivo de safrinha ou segunda safra naquelas regiões onde as chuvas se estendem por um maior período, havendo condições para que seja cultivada uma segunda cultura, visando principalmente a produção de grãos. Nesse sistema, além da produção comercial, haverá oferta de quantidade apreciável de palha, que em muito incrementará a palhada total sobre a superfície do solo. Existem muitas opções de espécies para o cultivo na safrinha, de tal modo que a escolha da espécie e da cultivar deve recair sobre aquela que apresentar maior vantagem comparativa, levando-se em consideração o destino da produção e as condições ambientais para a sua produção.

Existem variações aos modelos apresentados acima, como forma de adaptação a uma situação em especial, entretanto, cabe destacar o plantio direto com pousio de inverno ou plantio direto no mato como sendo aquele que deve ser evitado a todo custo, pois é de baixa qualidade tanto como sistema de manejo quanto ao aporte de palha no solo. Nele, após a colheita da cultura de verão, o solo permanece em pousio até o próximo verão. Nessa situação, há o crescimento de plantas daninhas, que, dessecadas no início da próxima estação de plantio, proporcionam uma determinada cobertura morta sobre o solo. Essa cobertura é extremamente variável em quantidade e qualidade, pois depende do tipo de plantas daninhas que infestam a área e de sua distribuição. Geralmente exigem operações adicionais, o consumo de herbicidas aumenta e a qualidade da palha é baixa, além de dar origem a uma palhada desuniforme.

Em grandes áreas do Brasil Central, está sendo considerada, nos últimos anos, a necessidade de estabelecer um melhor aproveitamento da época das águas. O produtor que aposta em safras mais produtivas opta por cultivos normais de milho e soja, limitando as suas possibilidades de semeadura de culturas de inverno pela drástica diminuição da água de chuva. Aquele que opta por cultivos precoces está colhendo até o final de março, dificultando de igual forma o sucesso da cultura em sucessão, visando a formação de palhada e uma remota probabilidade de produção de grãos. Esse quadro aponta para a sobressemeadura, seja via aviação agrícola ou trâmpulo alto, como prática que viabilize a formação de palhada, conservando o recurso natural (solo) e agregando renda ao produtor. Outra possibilidade bastante viável para a manutenção do SPDP é a rotação lavoura-pecuária, em que as pastagens, especialmente as braquiárias, têm-se mostrado bastante eficientes na manutenção da palhada (Figura 7), e a produção de grãos com seu aporte anual de fertilizantes e corretivos mantém as altas produtividades das pastagens que, depois de utilizadas em pastejos, são dessecadas, proporcionando excelente palhada para o SPDP da nova lavoura.

Foto: Ramon Costa Alvarenga



**Figura 7.** Plantio direto de milho sobre pastagem dessecada.

A quantidade de palha sobre o solo é regulada por dois fatores principais: relação C:N do material vegetal da palhada e o manejo que lhe é dado. Com respeito ao primeiro fator, a relação C:N é inerente à espécie e reflete a velocidade com que a decomposição do material pode se processar. Quanto a essa característica, as plantas podem ser agrupadas em duas classes, uma de decomposição rápida (exemplo: leguminosas) e a outra de decomposição lenta (exemplo: gramíneas), sendo bem aceito um valor de relação C:N próximo a 25 como de referência na separação entre elas. As leguminosas, por imobilizarem nos seus tecidos o nitrogênio da fixação biológica feita pelo rizóbio associado, possuem relação C:N próximo a 20 e taxa de decomposição rápida, ao passo que as gramíneas são de decomposição mais lenta, pois o conteúdo de N na fitomassa é menor. Embora isso seja verdadeiro, tem-se observado que, para as condições da região dos Cerrados, mesmo quando a palha é basicamente de gramíneas, há uma decomposição acelerada do material, de tal forma que manter uma camada de cobertura de solo nessas condições torna-se uma atividade complexa e vai exigir conhecimento e experiência por parte daquele que pratica o SPDP. O milho é um exemplo clássico, uma vez que apresenta relação C:N de 30 ou maior, estando na fase de emborrachamento/florescimento, mas nos Cerrados sua decomposição tem sido relativamente rápida, quando manejado nessa época, dificultando o acúmulo de palha.

O manejo das plantas de cobertura é outro fator que pode regular a permanência da palha na superfície do solo. Sabe-se que a relação C:N torna-se mais larga na medida que a planta se desenvolve. Em razão dessa característica, o manejo das plantas de cobertura pode ser retardado ao máximo, visando dotar-lhes de maior resistência à decomposição. Entretanto, não se pode perder de vista que a produção de sementes viáveis poderá infestar a área e aumentar os gastos com herbicidas. Uma relação em torno de 40 parece ser satisfatória quando o objetivo é acumular palha. Caso o plantio dessas plantas se dê na primavera, antecedendo uma cultura de verão, o manejo não deverá ser retardado muito tempo, pois corre-se o risco de haver prejuízos para a cultura de verão. Nesse caso, a safra principal deve ser priorizada.

O manejo pós-dessecação ou sem dessecação das plantas também é importante, pois pode afetar a taxa de decomposição desse material. O ideal seria aguardar o tombamento natural das plantas pós-manejo, pois evitaria uma operação de trânsito na área, entretanto, raramente isso será possível, quando se possui um cronograma de atividades em sequência. Daí, a melhor opção é fazer a rolagem dessas plantas, preferencialmente que essas sejam tombadas no mesmo sentido em que será realizado o plantio, o que, além de facilitar essa operação, diminui a quantidade de palha cortada pelos mecanismos de corte da semeadora. Quando é adotado um equipamento para picar a palha, deve-se saber que a decomposição do material é uma reação de superfície de contato, portanto, quanto menor o tamanho do material picado, maior a superfície passível de ataque pelos microrganismos e,

portanto, maior a velocidade de decomposição. Em razão disso, a trituração desse material só deverá ser efetivada em último caso, quando houver uma razão muito forte e, nesse caso, o produto deve ser do maior tamanho possível. Além disso, a uniformidade de distribuição da palha é importante. Áreas com baixa cobertura facilitam a emergência de plantas espontâneas, as perdas de água por evaporação, maior variação térmica, o impacto e desagregação de partículas de solo pelas gotas de chuva e posterior obstrução de poros pelas partículas desagregadas, etc. Por outro lado, o excesso dela causa problemas operacionais no plantio e prejudica a emergência das plântulas, comprometendo o estande final da lavoura.

A palha deixada sobre a superfície do solo acumula quantidades apreciáveis de nutrientes e estes estarão temporariamente indisponíveis às plantas em desenvolvimento. O tempo de duração desse ciclo até que ele retorne ao solo depende das características das plantas que deram origem a essa palhada e ao manejo dela, conforme discutido no item anterior. Assim, é previsível um maior gasto com fertilizantes durante a fase de estabilização de uma quantidade desejada e de palha sobre o solo, pois estes estarão presos a ela e a taxa de liberação é baixa. Na fase de manutenção da cobertura, alcança-se um equilíbrio no ciclo de imobilização e liberação dos nutrientes. As leguminosas, nessa fase, têm um papel importante, pois, além da maior quantidade de N acumulada, a taxa de liberação é rápida, aumentando a oferta de nutrientes às plantas. As palhas de gramíneas liberam os nutrientes a médio e longo prazo. Muitas vezes, as quantidades finais de nutrientes liberados pelas gramíneas são iguais ou superiores às quantidades liberadas pelas leguminosas, o que se deve à grande quantidade de fitomassa produzida. Existem, ainda, algumas situações especiais, nas quais as plantas de cobertura conseguem extrair do solo algum nutriente que está numa forma indisponível à maioria das culturas. Um exemplo disto é o caso do guandu, que, devido à reação ácida de suas raízes, é capaz de absorver fósforo do solo, anteriormente não disponível e que depois da decomposição da sua fitomassa retorna ao solo numa forma orgânica, facilmente assimilável pelas plantas cultivadas.

É possível selecionar e alterar a sequência das espécies de plantas de cobertura para que seja buscado um menor nível de incidência de pragas e doenças às plantas. Soja semeada após aveia-preta é menos afetada por *Rhizoctonia solani* e *Sclerotinia sclerotiorum*, sendo que o trigo é menos afetado por moléstias radiculares, como a podridão comum das raízes e o mal-do-pé. Além disso, contribui para a redução da população de nematoides na cultura da soja. Feijão em palha de braquiária é menos afetado por mofo-branco e *rhizoctonia*.

O manejo das plantas de cobertura deve ser entendido como o procedimento através do qual o desenvolvimento delas é interrompido com vistas a que os seus resíduos possam fazer parte da camada de palha na superfície do solo. Dependendo da época em que as plantas de cobertura estiverem sendo cultivadas, poderá haver um melhor método para o manejo delas. Quando elas forem semeadas na primavera, antecedendo a cultura de verão, o método mais adequado de manejo é o químico, que vai matar as plantas, pois as condições ambientais são favoráveis ao crescimento, de tal forma que os métodos mecânicos de manejo têm baixa eficiência nessa época, devido principalmente à característica de rebrote rápido da maioria das espécies. Além disso, necessita-se ganhar tempo nessa etapa, para não prejudicar a cultura seguinte, que é a principal. A cultura dessecada pode ser deixada em pé ou tombada com equipamento apropriado. A queda natural daquelas que permaneceram em pé não prejudica significativamente o crescimento das culturas. Como há menor contato da palha com o solo, a decomposição é mais lenta.

Para o manejo das plantas de cobertura no outono-inverno, pode ser adotada uma estratégia diferente, usando-se métodos mecânicos para eliminar o desenvolvimento vegetativo das plantas. Especialmente para as condições dos Cerrados, onde o desenvolvimento vegetativo das plantas é praticamente paralisado nessa época, devido principalmente à falta de umidade no solo, o uso exclusivo do rolo-faca, do triturador ou da roçadeira é suficiente, devendo-se estar atento para que o emprego desses equipamentos seja realizado antes que as plantas comecem a produzir sementes viáveis. Há produtores que deixam as plantas produzirem sementes e não fazem o manejo das plantas nessa época, deixando essa operação para a primavera, após as primeiras chuvas, quando as sementes produzidas já germinaram. Esse procedimento visa aumentar a quantidade de palha, mas pode haver desenvolvimento de plantas em vários estádios, tanto daquelas de cobertura quanto de espontâneas, de tal modo que pode ser necessário primeiramente um manejo mecânico (roçagem) para potencializar o efeito do manejo químico, que deve ser feito dias mais tarde, assim que houver área foliar suficiente.

A presença de uma camada de palha sobre a superfície do solo exerce um papel importante no controle das plantas daninhas, primeiramente devido ao efeito físico, que limita a passagem de luz, criando dificuldades para que haja a germinação das sementes, e pela barreira que forma, dificultando o crescimento inicial das plântulas. Outra possibilidade são os efeitos alelopáticos oriundos da decomposição da fitomassa ou exsudação das raízes, que liberam substâncias que vão exercer algum tipo de efeito inibitório nas sementes, impedindo a germinação, ou nas plantas, interferindo em algum processo do seu desenvolvimento, de tal modo que o crescimento é retardado ou paralisado, havendo casos em que ocorre a morte da planta. Em culturas de verão, como soja, feijão e milho, semeadas no sistema de plantio direto sobre coberturas mortas densas, de lenta decomposição e com ação alelopática, há possibilidade de se reduzir ou até mesmo dispensar o uso de herbicidas. Como já mencionado, é necessário saber se os efeitos alelopáticos não se estendem às lavouras cultivadas no local.

Uma estratégia visando reduzir o crescimento das plantas espontâneas pode ser a redução do espaçamento das plantas de cobertura, o que aumentará a pressão de controle sobre as espontâneas. Além disso, o sistema radicular ficará mais bem distribuído no volume do solo, melhorando, entre outras coisas, a rede de canalículos após a sua decomposição, que desempenham importante papel na movimentação de água e ar no solo. Uma questão sobre o menor espaçamento é que os caules tenderão a ser mais finos e aí a decomposição, dependendo do manejo, poderá ser acelerada.

Embora seja inquestionável a importância da palha para o SPDP, pelo papel que desempenha na melhoria das condições do solo e no rendimento das culturas comerciais, os gastos com sementes, defensivos, horas máquina, mão de obra, dentre outros, para a implantação e o manejo das plantas de cobertura, oneram o custo do sistema como um todo. Muitas vezes, essas espécies são de baixo valor comercial, servindo apenas como plantas para formação de palhada. Daí é de grande importância que seja agregado valor a essas plantas, de tal maneira que os custos de produção possam ser compensados com algum ganho extra. Na prática, isto acontece quando é possível o plantio da safrinha com culturas comerciais, como, por exemplo, o milho e o sorgo, ou com cereais de inverno, como o trigo, na região Sul. Atualmente, reconhece-se que a integração lavoura-pecuária pode viabilizar o plantio direto em muitas regiões, pelo uso de plantas forrageiras, como as braquiárias, que apresentam um grande potencial de produção de fitomassa, além de serem componentes essenciais de sistemas de produção de diferentes regiões do Brasil Central.

Ainda sob essa ótica, espécies que apresentam crescimento rápido e rebrota se destacam, uma vez que poderão ser utilizadas numa primeira etapa como forragem e, depois de novo crescimento, serem manejadas para formar palha, como em sistemas de integração lavoura-pecuária, onde o milho é plantado consorciado e/ou após uma forrageira (Figura 8). Cabe, ainda, ressaltar que devem ser dispensados cuidados durante o pastejo dessas áreas, com vistas a que a compactação seja evitada. A utilização racional nesse sistema integrado deve levar em conta que, primeiramente, deverá haver uma camada de palha já formada para, só depois, elas serem utilizadas como forragens.

Foto: Arquivo Emater-MG





**Figura 8.** Lavoura de milho em sistema de integração lavoura- pecuária.

## Equipamentos para o manejo do solo

A escolha e utilização dos equipamentos agrícolas, nos diferentes sistemas de manejo do solo, são dependentes do tratamento que se quer dar ao solo para exploração agrícola. Além disso, os requerimentos de energia nos sistemas de manejo do solo poderão definir a viabilidade econômica dos referidos sistemas.

Para que um equipamento seja utilizado racionalmente e eficientemente, é necessário conhecer o sistema de manejo de solo que ele vai atender, as características desejáveis que o solo deverá apresentar, a energia consumida e, também a sua capacidade efetiva de trabalho (ha/h).

Dos diferentes sistemas de manejo de solo e suas características, utilizados em diferentes regiões produtoras do mundo, podemos destacar a seguir:

1. Sistema Convencional: combinação de uma aração (arado de disco) e duas gradagens, feitas com a finalidade de criar condições favoráveis para o estabelecimento da cultura.
2. Sistema Cultivo Mínimo: refere-se à quantidade de preparo do solo, para criar nele condições necessárias a uma boa emergência e estabelecimento de planta.

3. Sistema Conservacionista: qualquer sistema de preparo do solo que reduza a perda de solo ou água, comparado com os sistemas de preparo que o deixam limpo e nivelado.

**Plantio Direto:** método de plantio que não envolve preparo de solo, a não ser na faixa e profundidade onde a semente será plantada. O uso de picador de palha na colhedora automotriz é importante para uma melhor distribuição da palhada na superfície do solo e as plantas daninhas são controladas por processos químicos.

**Escarificador:** tem a finalidade de quebrar a estrutura do solo a uma profundidade de 20 a 25 cm, através do arado escarificador, sem inversão da leiva, deixando o solo com bastante rugosidade e com uma apreciável quantidade de cobertura morta. Com isto, apresenta uma excelente capacidade de infiltração de água no solo.

**Camalhão:** pode-se fazer camalhões anuais e permanentes, sendo, em ambos os casos, usados para plantio de culturas em linha. Os melhores resultados desse sistema são em solos nivelados, maldrenados. Os camalhões podem ser construídos com arado de aiveca, sulcadores ou implementos próprios. O plantio é feito após reduzido preparo de solo. A conservação do solo apresentada nesse sistema vai depender da quantidade de resíduo e direção das linhas de plantio. Plantio em curva de nível, juntamente com o acúmulo de resíduo na superfície, reduz as perdas de solo.

## Equipamentos agrícolas utilizados para o manejo da palhada

Nos sistemas de produção em que o agricultor explora uma cultura anualmente, o picador de palha tem a finalidade de aumentar a rapidez de decomposição dos restos de cultura, melhorar a habilidade do arado em incorporá-lo e evitar embuchamento nas operações de plantio.

Nos sistemas de produção de duas culturas anuais (inverno e verão), o volume de restos de cultura é maior e o tempo disponível para decomposição dos mesmos é menor; conseqüentemente, há necessidade de uma boa distribuição deste material no solo, para maior facilidade das operações subsequentes. O material deve ser bem picado, para evitar embuchamento junto aos sulcadores das semeadoras. Caso seja adotado o sistema convencional de preparo do solo, os motivos para se usar o picador de palha são os mesmos descritos anteriormente. Se o sistema adotado for de plantio direto, o uso do picador de palha trará como conseqüências a uniformização da palhada em toda a área, diminuindo a evaporação da água da superfície e a melhoria da eficiência dos herbicidas.

Nos sistemas de exploração de culturas mecanizadas, a etapa de picar palha realiza-se durante a colheita, tendo em vista que as colhedoras são geralmente providas de um picador de palha, sendo essa palha posteriormente distribuída na superfície do solo. Mesmo assim, para cultura do milho, haverá necessidade de uma operação complementar para picar melhor a palha, pois somente uns 30% da palhada passam por dentro da colhedora. Para tanto, pode-se utilizar uma roçadeira ou um picador de palha. Para outras culturas, tais como soja, trigo e arroz, a necessidade da operação complementar vai depender da altura do corte da colhedora. Caso a colheita seja feita com a barra de corte bem próxima ao solo e com colhedora equipada com picador de palha, essa operação será dispensada.

Para o caso de não utilização de colhedoras com picadores, há necessidade de manejar outras culturas de cobertura, pode-se usar triturador, roçadora ou um rolo-faca. Tanto o triturador quanto a roçadora promovem uma fragmentação excessiva, recomendada apenas quando há grande quantidade de massa vegetal e quando se utilizam semeadoras com espaçamento entre linhas reduzido (menor que 50 cm). O rolo-faca realiza o acamamento e o corte total ou parcial do material, dependendo de suas características construtivas. Como a palha não é muito picada, a decomposição dos resíduos é mais lenta; no entanto, sua eficiência depende do tipo de cobertura vegetal, do desenvolvimento da planta na época do manejo, da umidade do solo e da regularidade da sua superfície.

## Equipamento para preparo do solo

O nosso sistema convencional de preparo de solo consiste de uma aração com arado de disco e duas gradagens (com grade destorroadora e niveladora).

Para as culturas anuais, as grades pesadas vinham sendo bastante utilizadas, por promoverem maior rendimento por hectare, devido às altas velocidades de trabalho e pela habilidade de trabalhar em solos recém-desmatados, onde o sistema radicular da vegetação traz sérios problemas para os arados.

Tem sido verificado que, à medida que se aumenta a área da propriedade, há uma preferência pela grade aradora em detrimento do arado de disco, conforme é mostrado na Tabela 2.

**Tabela 2.** Distribuição percentual do uso do arado de disco e da grade pesada por extrato de áreas, no município de Ituiutaba, MG.

Área (ha)	Arado de Disco	Grade Aradora
0-50	84	16
51-100	100	0
101-200	75	25
201-500	25	75
501-1000	0	100

Fonte: Gois (1993).

Essa tendência é confirmada por Melo Filho & Richetti (1998) que, em levantamento realizado no Mato Grosso do Sul, verificaram que a grade pesada é usada por 57,32% dos produtores entrevistados, enquanto que o arado de discos é utilizado por apenas 5,10% dos produtores. A maior preferência pela grade aradora ou grade pesada pode ser atribuída a seu maior rendimento de trabalho e menor consumo de combustível (Tabela 3).

**Tabela 3.** Consumo de combustível e rendimento de diferentes implementos de preparo do solo.

Equipamento (l/ha)	Consumo de combustível		Rendimento
	Relativo (%)	(ha/hora)	
Arado de discos	25,7	(100)	0,40
Grade pesada	13,9	(54)	0,90
Escarificador A	17,1	(67)	0,83
Escarificador B	20,2	(79)	0,78
Escarificador C	17,4	(68)	0,87
Escarificador D	20,6	(80)	0,70

Fonte: Hoogmoed e Derpsch, 1985 citados por Derpsch, et al., 1991.

Uma desvantagem da grade aradora é que ela 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 (DeMaria & Duarte, 1997; DeMaria et al., 1999) e do milho na safra normal (Cruz, 1999).

A incorporação de corretivos e, esporadicamente, de fertilizantes a menores profundidades, com a grade aradora, associada à existência de uma camada compactada logo abaixo, vai estimular o sistema radicular das culturas a permanecer na parte superficial do solo. A planta passa a explorar, portanto, menor volume de solo e fica mais vulnerável a veranicos que porventura ocorram durante o ciclo da cultura, podendo causar prejuízos ao agricultor (Castro, 1989, DeMaria et al., 1999).

Devido a dificuldades técnicas encontradas no uso dos arados de aiveca fabricados no país, para tração mecânica, os mesmos vinham sendo mais utilizados para tração animal. Entretanto, nos últimos anos, alguns fabricantes começaram a se interessar por esse tipo de arado, e com isso alguns modelos têm sido disponibilizados no mercado. No sentido de melhorar a resistência dos materiais utilizados neste tipo de arado, têm sido implementados mecanismos de segurança contra quebra dos mesmos e, também, tem sido modificada a largura de trabalho, para adaptá-lo à tração mecânica em algumas regiões.

Na década de 90, o arado escarificador, disponibilizado para a agricultura brasileira compõe mais um sistema conservacionista de manejo do solo.

Basicamente, esses três tipos de arados têm as seguintes características:

- Arado de disco: é recomendados para solos duros, com raízes e pedras, solos pegajosos, abrasivos e solo turfosos.
- Arado de aiveca: promove incorporação de resíduo e boa pulverização do solo, sob condições ideais. Apresenta diferentes tipos de aiveca, de acordo com o tipo de solo.
- Arado escarificador: aumenta a rugosidade do solo, deixando uma apreciável quantidade de cobertura morta e também quebra a estrutura do solo a uma profundidade de 20 a 25 cm. Com essas três características, esse sistema aumenta a capacidade de infiltração de água no solo, diminui a evaporação e quebra a camada compactada, abaixo da área de preparo de solo, denominada "pé de arado".

As enxadas rotativas, como uma outra alternativa de manejo do solo, apresentam uma característica de preparo bastante conhecida: pulverização do solo.

Apresenta possibilidade de regulagens, tanto na rotação das enxadas como também no tamanho de torrão que se quer obter. Tem seu uso bastante aconselhado para os trabalhos em horticultura, devido às exigências do plantio, pois as sementes utilizadas são de tamanho muito reduzido. Geralmente, é desaconselhado seu uso em solos localizados em regiões declivosas, pois a quebra da estrutura do agregado poderá favorecer os processos de erosão.

## Requerimento de energia

Os requerimentos de energia das operações de manejo de solo dependem do tipo de solo e do tratamento que ele sofreu anteriormente. Valores de consumo de energia das diferentes operações com implementos foram obtidos para os solos de alta, média e baixa resistência à tração (Tabela 4). Os esforços de tração para os três tipos de solos foram convertidos para energia na barra de tração (Kwh/ha). A energia na tomada de potência, TDP

(Kwh/ha), foi calculada, usando-se uma eficiência tratora entre 50% e 70%, dependendo do tipo e condições do solo. O consumo de combustível foi calculado usando-se uma estimativa de consumo de 2,46 TDP Kwh/l de diesel.

**Tabela 4.** Requerimento de energia e consumo de combustível para as diferentes operações de preparo de solo e plantio.

	Classificação de Resistência do Solo à Tração					
	Baixa		Média		Alta	
	TDP Kwh/ha	1/ha	TDP Kwh/ha	1/ha	TDP Kwh/ha	1/ha
1. Picador de Palha	18,5	7,5	18,5	7,5	18,5	7,5
2. Arado (disco ou aiveca)	33,2	13,1	53,5	21,5	73,8	30,0
3. Arado escarificador	22,2	8,9	35,1	14,0	48,0	20,0
4. Grade (em palha)	9,2	3,7	9,2	3,7	9,2	3,7
5. Grade (gradagem convencional)	11,1	4,7	12,9	5,1	14,8	6,1
6. Máquina para camalhão	33,2	13,1	40,6	16,4	48,0	19,7
7. Cultivador	11,4	4,7	23,1	9,4	35,1	14
8. Plantadora (plantio convencional)	9,2	3,7	11,4	4,7	13,8	5,6
9. Plantadora (plantio direto)	9,6	4,2	12	4,7	15,7	6,6
10. Enxada rotativa	3,7	1,4	5,5	2,3	7,4	2,8
11. Cultivador (plantio convencional)	4,6	1,9	5,9	2,5	7,9	3,3
12. Cultivador (plantio direto)	6,1	2,3	7,9	3,3	10,5	4,2

Consumo de combustível do trator: 2,46 Kwh/ha.

Fonte: Richey et al, 1977.

Para efeito comparativo de consumo de energia nos diferentes sistemas de manejo de solo, Gunkel et al. (1976) mostram que a equivalência em diesel dos herbicidas utilizados no controle de plantas daninhas é de 66 Kwh/kg de ingrediente ativo (i.a.) no seu meio de dispersão. Wittmus e Lane (1973), estudando o conteúdo de energia no óleo diesel, mostraram que essa relação é de 11,35 Kwh/l, sendo que 5,82 de óleo diesel equivalem a 1kg do ingrediente ativo do herbicida.

A adoção de qualquer sistema de manejo do solo pelo agricultor depende do consumo de energia do sistema e do conhecimento das características dos implementos agrícolas utilizados. A Tabela 5 mostra uma comparação de consumo de combustível entre os sistemas Convencional e Plantio Direto, para um solo de resistência média.

**Tabela 5.** Consumo de combustível (l/ha) para as diferentes operações de campo, nos sistemas Convencional e de Plantio Direto, em solos de resistência média à tração.

Sistemas de manejo e operações de campo	Diesel requerido (l/ha)
<b>Plantio Convencional (1)</b>	
Picagem de Palha	7.5
Aração	21.5
1ª gradagem	5.1

Aplicação de Herbicida (ALACHLOR = 2,4 kg/ha + ATRAZINE = 1,5 kg/ha)	22.69
2ª gradagem	5.1
3ª gradagem	5.1
Plantio	4.7
<b>Total</b>	<b>71.69</b>
<b>Plantio Convencional (2)</b>	
Picagem de Palha	7.5
Aração	21.5
1ª gradagem	5.1
2ª gradagem	5.1
Plantio	4.7
1º cultivo	9.4
2º cultivo	9.4
<b>Total</b>	<b>62.7</b>
<b>Plantio Direto</b>	
1ª pulverização (0,4 kg/ha)PARAQUAT	2.528
2ª pulverização (2,4 kg/ha) ALACHLOR (1,5 kg/ha) ATRAZINE	13.986
Plantio	8.73
<b>Total</b>	<b>4.7</b>
	<b>29.726</b>

Fonte: Adaptado de Gunkel et al. (1976) e Wittmus e Lane (1973).

Iniciado nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul, em 1970, e com o processo de adoção pelos agricultores a partir de 1976, o Plantio Direto está hoje sendo adotado e adaptado a quase todas as regiões do Brasil. Segundo levantamento da Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha (Febrapdp), na safra 90/91, apenas 1 milhão de hectares eram cultivados com o sistema. Dois anos depois, em 92/93, a área dobrou e, em 1994, atingia três milhões de hectares, alcançando hoje, cerca de 12 milhões de hectares, incluindo tanto grandes como médios e pequenos produtores, dentre estes os que utilizam tração animal, e expandindo-se em todo o território nacional (Técnicos, 2000). Os estados do Rio Grande do Sul e Paraná e a região dos Cerrados são os locais de maior expansão dessa técnica, que hoje é aplicada não só nas culturas de soja e milho, mas também de feijão, arroz, trigo, cana-de-açúcar e pastagens, além das aplicações de pré-plantio para florestas, citrus e café (Frutos da terra, 2000).

**Autores deste tópico:** Evandro Chartuni Mantovani, Francisco Tenorio Falcao Pereira, Israel Alexandre Pereira Filho, Joao Herbert Moreira Viana, Manoel Ricardo de Albuquerque Filho, Ramon Costa Alvarenga, Jose Carlos Cruz

## Fertilidade de solos e Aduação

A análise do solo, num sentido amplo, é uma medida físico-química, mas, no agrônômico, seu objetivo é determinar a habilidade do solo em fornecer nutriente às plantas, e também determinar as necessidades de calcário e fertilizantes, além de diagnosticar problemas de toxidez de alguns elementos, excesso de sais e outros. Nesse tópico é fundamental discutir aspectos relacionados à [amostragem do solo](#) e à [interpretação de resultados de análise do](#)

[solo](#) levando em consideração que os resultados de uma análise química de solo para que tenham validade e representatividade, é indispensável o máximo cuidado e critério na coleta de amostras que deverão ser enviadas aos laboratórios. Nenhuma análise é melhor que uma boa coleta de amostras, pois elas é que irão representar toda a área da propriedade onde deverão ser aplicados os corretivos e fertilizantes.

Além dos sintomas característicos de uma ou outra desordem, que só se manifestam em casos graves, a identificação do estado nutricional da planta somente é possível pela análise química da mesma.

A utilização da [diagnose foliar](#) como critério diagnóstico baseia-se na premissa de existir uma relação bem definida entre o crescimento e a produção das culturas e o teor dos nutrientes em seus tecidos.

Os solos brasileiros, na sua maioria, são ácidos, destacando-se aqueles sob vegetação de cerrado. Tais solos são caracterizados por baixas concentrações de cálcio e de magnésio, elementos diretamente envolvidos no desenvolvimento das raízes, e por valores elevados de alumínio trocável e baixa disponibilidade de fósforo do solo.

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 necessidade da melhoria na qualidade dos solos, visando uma produção sustentada. Essa melhoria na qualidade dos solos está geralmente relacionada ao adequado manejo, o qual inclui, entre outras práticas, a rotação de culturas, o plantio direto e o manejo da fertilidade, por meio da [calagem e gessagem](#), da [nutrição e adubação do milho](#) (adubação equilibrada com macro e micronutrientes, utilizando fertilizantes químicos) e da [adubação orgânica](#) (esterco, compostos, adubação verde, etc.).

## Amostragem de solos: a base para aplicação de corretivos e fertilizantes

### Introdução

A análise do solo, num sentido amplo, é uma medida físico-química, mas, no agrônomo, seu objetivo é determinar a habilidade do solo em fornecer nutriente às plantas, e também determinar as necessidades de calcário e fertilizantes, além de diagnosticar problemas de toxidez de alguns elementos, excesso de sais e outros. Para que os objetivos da análise de solo sejam atingidos, é necessário que essa prática esteja interligada com outras etapas, quais sejam: 1) amostragem do solo; 2) análises de laboratório; 3) interpretação dos resultados; 4) recomendação de calagem e adubação. Todos esses segmentos extremamente importantes.

### Amostragem de solos

Para que os resultados de uma análise química de solo tenham validade e representatividade, é indispensável o máximo cuidado e critério na coleta de amostras que deverão ser enviadas aos laboratórios. Nenhuma análise é melhor que uma boa coleta de amostras, pois elas é que irão representar toda a área da propriedade onde deverão ser aplicados os corretivos e fertilizantes. Na maioria dos casos, a amostra do solo representa a camada de áreas que podem chegar a 10 hectares, o que representa um volume de 20 milhões de dm<sup>3</sup> ou litros de terra, considerando o solo com densidade global unitária. Isso significa que, se forem enviadas cerca de 0,50 kg de solo para o laboratório, a amostra representará uma parte em 40 milhões da camada arável.

Acrescente-se o problema da heterogeneidade natural do solo e ficará bem caracterizado que a amostragem de solos não é uma prática simples. Ela deve ser rigorosamente executada, seguindo instruções baseadas em considerações de ordem científica.

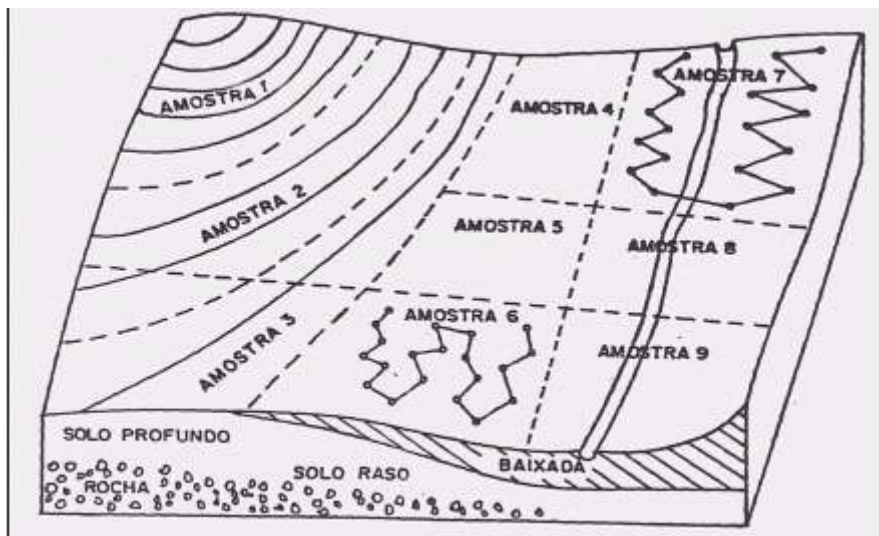
## Esquemas de amostragem

Os esquemas de amostragem podem ser divididos em duas categorias: ao acaso e sistematizada. A amostragem ao acaso refere-se ao método que tem sido recomendado para a agricultura convencional. A amostragem sistematizada é o sistema recomendado para aplicação das tecnologias da Agricultura de Precisão, sendo o método mais adequado para estudar a variabilidade espacial das propriedades do solo de uma área, pois a variabilidade em todas as direções é levada em consideração.

### Amostragem ao acaso

Nesse esquema de amostragem, a propriedade ou a área a ser amostrada deve ser dividida em glebas de até 10 hectares, numerando-se cada uma delas (Figura 1). As glebas devem ser homogêneas quanto ao uso anterior, tipo de solo e aspecto geral da vegetação. As glebas são percorridas em ziguezague (Figura 1), retirando-se 20 amostras simples, que devem ser misturadas, separando-se uma amostra composta de 0,50 kg para ser enviada ao laboratório.

Autor: Antônio Marcos Coelho



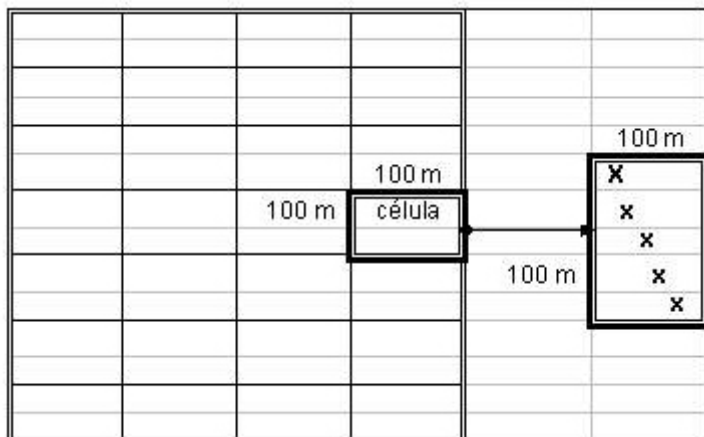
**Figura 1.** Esquema de amostragem ao acaso de solos em uma área.



## Amostragem sistematizada

Com a introdução dos conceitos e tecnologias da Agricultura de Precisão, a amostragem sistematizada das áreas tem sido recomendada. O método mais comum para a amostragem sistemática de solos em uma área é o de sobrepor uma grade quadrada ou retangular em um mapa ou fotografia da área, identificar e dirigir ao local e coletar amostras de solos em cada célula (Figura 2). Dentro de cada célula, a amostragem pode ser ao acaso, coletando-se várias subamostras (Figura 2, ou pontual, na qual as subamostras são coletadas em um raio de 3 a 6 m de um ponto central. A recomendação do espaçamento das grades (malhas) para amostragens de solos varia de 60 x 60 m a 135 m x 135 m, em função da resolução desejada (precisão) associada aos custos (Tabela 1).

Autor: Antônio Marcos Coelho



**Figura 2.** Exemplo ilustrando o sistema de grade (100 m x 100 m) e locais onde subamostras de solo seriam coletadas dentro de cada célula. A área é dividida em grade de 100 m X 100 m, cinco subamostras de solos são coletadas dentro de cada célula para formar uma amostra composta.

**Tabela 1.** Custos (R\$) para coletas de amostras de solo (0 a 20 cm) em função do espaçamento da grade de amostragem utilizada.

Número de amostras	Tempo (horas)	Espaçamento da grade (m)			
		140 (1,96 ha)	91 (0,83 ha)	60 (0,36 ha)	30 (0,09 ha)
20	2	<b>4,00</b>			
48	6		<b>12,00</b>		
106	11			<b>22,00</b>	
436	36				<b>72,00</b>

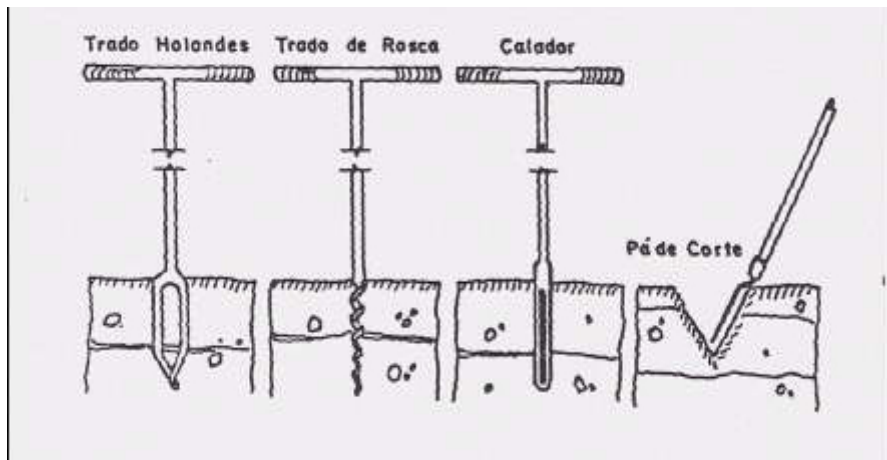
Nota: Área de 40 ha, com o preço da mão-de-obra a R\$ 2,00/hr.

Fonte: Antonio Marcos Coelho.

## Equipamentos para a amostragem de solos

Os equipamentos mais comuns para uma boa coleta manual de amostras de solo são o trado holandês, que tem bom desempenho em qualquer tipo de solo; o trado de rosca, mais adequado para solos arenosos e úmidos; o trado calador, ideal para amostragem em terra fofa e ligeiramente úmida; a pá de corte, equipamento mais disponível e simples para o agricultor, e que deve ser utilizada junto com o enxadão, em solos secos e compactados (Figura 3). Equipamentos automatizados e equipados com GPS, para amostragem de solos, têm sido disponibilizados aos agricultores.

Autor: Antônio Marcos Coelho



**Figura 3.** Equipamentos manuais utilizados para amostragem de solos.

## Época de amostragem

Embora as amostras possam ser coletadas em qualquer época do ano, levando-se em conta o tempo que elas levam para chegar ao laboratório, serem submetidas às análises e o agricultor receber os resultados, torna-se necessário que a coleta seja feita no mínimo três meses antes de se iniciar a aplicação do corretivo e as adubações. Recomenda-se que, em áreas novas, a coleta seja feita cerca de seis meses antes do início do período de implantação da cultura, enquanto que em áreas já cultivadas, a amostragem deve ser feita no início do período da seca, logo após a colheita.

## Profundidade de amostragem

Em áreas novas, a amostragem deve ser realizada nas camadas de 0 a 20 cm e, 20 a 40 cm e, às vezes, também na camada de 40 a 60 cm. Nas áreas já estabelecidas, a profundidade de coleta vai depender do sistema de manejo de solo utilizado (preparo convencional ou semeadura direta), conforme descrito no tópico seguinte. Quando se desejar avaliar a disponibilidade de enxofre, deve-se coletar amostras a profundidades maiores que 20 cm, principalmente em argissolos (anteriormente conhecido como podzólico).

## Amostragem de solos em áreas sob plantio direto

A variabilidade dos índices de fertilidade (fósforo, potássio, matéria orgânica, pH e índice SMP) no sistema plantio direto com adubação a lanço é similar ao sistema convencional. A variabilidade aumenta quando a adubação do sistema plantio direto é feita na linha de semeadura, sendo maior na fase de implantação (até 5 anos), em relação à fase estabelecida. Recomendações: de acordo com a SBCS - NRS (1994).

1. **Adubação a lanço:** igual ao sistema convencional; amostragem ao acaso com trado ou pá de corte em 20 pontos da gleba. Fase de implantação (até 5 anos): amostrar com pá-de-corte, perpendicular ao sentido da linha, uma faixa correspondente à largura da entrelinha da cultura com maior espaçamento introduzida no último ano agrícola (se por exemplo, os dois cultivos da gleba foram soja e trigo, respectivamente, a largura de amostragem deve ser feita correspondente ao espaçamento da entrelinha da soja). Deve ser retirada uma fina fatia de solo (aproximadamente 5 cm) em 10 a 12 locais por gleba, para formar uma amostra composta. Fase estabelecida (mais de 5 anos), com adubação em linha: amostrar com pá-de-corte, perpendicular ao sentido da linha, uma faixa correspondente à largura da entrelinha da última cultura. Coletar 8 a 10 locais por gleba, para formar uma amostra composta.
2. **Profundidade:** no início do sistema, na implantação e por ocasião da próxima amostragem, que deve ocorrer ao término do terceiro cultivo, utilizar a mesma profundidade do sistema convencional (0 a 20 cm). Na amostragem seguinte, que deve ocorrer ao término do 6o cultivo, amostrar de 0 a 10 cm.

Sistema de amostragem de solos em áreas sob plantio direto, adubadas em linhas.

## Outros procedimentos

Além do planejamento, existe uma série de aspectos importantes que devem ser observados na execução da amostragem. A limpeza total dos equipamentos utilizados na coleta, não misturar as amostras simples coletadas em diferentes camadas do solo e, no caso de coletar amostras a várias profundidades, utilizar um balde ou saco de plástico para receber as amostras simples de cada camada. Não enviar amostras para a laboratório em recipientes ou embalagens já usados e, se não tiver as caixinhas apropriadas, normalmente fornecidas pelos laboratórios ou serviços de extensão, deve-se reforçar bem a embalagem com saco de plástico, papel e barbante.

## Interpretação de resultados de análise do solo

Uma das condições para que os resultados da análise de solo e sua interpretação sejam válidos é que existam correlações entre os valores obtidos por um determinado método de extração e a resposta de culturas à adubação ou calagem em condições de campo. Por essa razão é que são desenvolvidos estudos de correlação e calibração de métodos de análise de solo. Na fase de correlação, por exemplo, são avaliados diferentes extratores, sendo selecionados os que melhor se aproximam do método padrão, que é a quantidade absorvida e acumulada pelas plantas de um dado nutriente. Na fase de calibração são, então, definidos os níveis críticos e as doses dos nutrientes a serem aplicados. Como os métodos de extração podem variar entre laboratórios de estados diferentes, que, por sua vez, possuem experimentação agrônômica própria, os critérios de interpretação deixam de ser, assim, únicos. A título de ilustração, merece ser mencionado que, em Minas Gerais, adota-se o extrator Mehlich-1 para fósforo, ao passo que, em São Paulo, a extração desse elemento é feita com resina trocadora de íons. As classes de interpretação para os resultados das análises químicas de solos emitidos pelos laboratórios em Minas Gerais encontram-se nas Tabelas 2, 3, 4, 5 e 6. Embora essas classes sejam gerais, a utilização delas permite separar glebas

com probabilidades diferentes de resposta à aplicação de nutrientes. Considerando especificamente a cultura do milho, uma proposta de interpretação exclusiva para fósforo é apresentada na Tabela 7.

## Acidez do solo

Na avaliação da acidez do solo, deve-se levar em consideração as características acidez ativa ( ou pH ) e a trocável, a saturação por alumínio e por bases, a acidez potencial e o teor de matéria orgânica, que estão relacionadas entre si. Relacionada também com a acidez do solo está a disponibilidade dos nutrientes cálcio e magnésio e de micronutrientes como manganês, ferro, cobre e zinco (Tabelas 2 e 3).

## Fósforo, enxofre e potássio

A eficiência de extração do fósforo disponível pelo método Mehlich-1 sofre grande influência da capacidade tampão de fosfatos do solo. Por isso, na interpretação da disponibilidade de fósforo, são usadas características que estão relacionadas com a capacidade tampão, como o teor de argila ou o valor do fósforo remanescente (Tabela 4). O enxofre disponível, extraído com fosfato monocálcico em ácido acético, semelhantemente, é também afetado pela capacidade tampão de sulfatos do solo. Na interpretação do enxofre disponível de amostras compostas da camada subsuperficial, as classes de fertilidade apresentadas estão de acordo, como para o fósforo disponível, com a concentração de fósforo remanescente (Tabela 5). Para o potássio disponível, como a capacidade tampão para potássio não afeta a eficiência de extração pelo método Mehlich-1, sendo também de pouco significado para a maioria dos solos de Minas Gerais, é adotada apenas uma classificação para esse nutriente (Tabela 4).

## Micronutrientes

Embora seja freqüente a deficiência de zinco e, ou, de boro em várias culturas em Minas Gerais, sendo a de zinco mais comum na cultura do milho, especialmente em solos de cerrado, há uma limitação de estudos detalhados no que se refere a trabalhos de calibração para interpretação de resultados de análise de solo para micronutrientes. Apesar disso, é apresentada uma primeira aproximação de interpretação, sendo incluídas classes de fertilidade para zinco, manganês, ferro e cobre, extraídos com o extrator Mehlich-1, e para boro, extraído com água quente (Tabela 6).

**Tabela 2.** Classes de interpretação para a acidez ativa do solo (pH) 1.

Classificação química						
Ac. muito elevada	Acidez elevada	Acidez média	Acidez fraca	Neutra	Alcalinidade fraca	Alcalinidade elevada
>4,5	4,5 - 5,0	5,1 - 6,0	6,1 - 6,9	7,0	7,1 - 7,8	>7,8
Classificação agronômica						
Muito baixo	Baixo	Bom	Alto	Muito alto		
< 4,5	4,5 - 5,4	5,5 - 6,0	6,1 - 7,0	> 7,0		

Nota: pH em H 2 O, relação 1:2,5, TFSA : H 2 O.

Fonte: ALVAREZ V. et al. (1999).

**Tabela 3.** Classes de interpretação de fertilidade do solo para a matéria orgânica e para o complexo de troca catiônica.

Característica	Unidade <sup>1</sup>	Classificação				
		Muito baixo	Baixo	Médio <sup>2</sup>	Bom	Muito Bom
Carbono orgânico (C.O.) <sup>2</sup>	dag/kg	< 0,41	0,41 - 1,16	1,17 - 2,32	2,33 - 4,06	> 4,06
Matéria orgânica (M.O.) <sup>3</sup>	dag/kg	< 0,71	0,71 - 2,00	2,01 - 4,00	4,01 - 7,00	> 7,00
Cálcio trocável (Ca <sup>2+</sup> ) <sup>4</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	< 0,41	0,41 - 1,20	1,21 - 2,40	2,41 - 4,00	> 4,00
Magnésio trocável (Mg <sup>2+</sup> ) <sup>4</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	< 0,16	0,16 - 0,45	0,46 - 0,90	0,91 - 1,50	> 1,50
Acidez trocável (Al <sup>3+</sup> ) <sup>4</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	< 0,21	0,21 - 0,50	0,51 - 1,00	1,01 - 2,00 <sup>11</sup>	> 2,00 <sup>11</sup>
Soma de bases (SB) <sup>5</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	< 0,61	0,61 - 1,80	1,81 - 3,60	3,61 - 6,00	> 6,00
Ac. potencial (H + Al) <sup>6</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	< 1,01	1,01 - 2,50	2,51 - 5,00	5,01 - 9,00 <sup>11</sup>	> 9,00 <sup>11</sup>
CTC efetiva (t) <sup>7</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	< 0,81	0,81 - 2,30	2,31 - 4,60	4,61 - 8,00	> 8,00
CTC pH 7 (T) <sup>8</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	< 1,61	1,61 - 4,30	4,31 - 8,60	8,61 - 15,00	> 15,00
Saturação por Al <sup>3+</sup> (m) <sup>9</sup>	%	< 15,1	15,1 - 30,0	30,1 - 50,0	50,1 - 75,0 <sup>11</sup>	> 75,0 <sup>11</sup>
Saturação por bases (V) <sup>10</sup>	%	< 20,1	20,1 - 40,0	40,1 - 60,0	60,1 - 80,0	> 80,0

1 dag/kg = % (m/m); cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>.

2 O limite superior desta classe indica o nível crítico.

3 Método Walkley & Black; M.O. = 1,724 x C.O.

4 Método KCl 1 mol/L.

5 SB = Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup> + Na<sup>+</sup>.

6 H + Al, Método Ca(OAc) 2 0,5 mol/L, pH 7.

7 t = SB + Al<sup>3+</sup>.

8 T = SB + (H + Al).

9 m = 100 Al<sup>3+</sup> / t.

10 V = 100 SB/T.

11 A interpretação dessas características nessas classes deve ser alta e muito alta em lugar de bom e muito bom.

Fonte: ALVAREZ V. et al. (1999).

**Tabela 4.** Classes de interpretação da disponibilidade para o fósforo, de acordo com o teor de argila do solo ou do valor de fósforo remanescente (P-rem) e para o potássio.

Característica	Classificação				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito bom
	----- (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>1</sup> -----				
<b>Argila (%)</b>	<b>Fósforo disponível (P) <sup>2</sup></b>				
60 - 100	< 2,7	2,8 - 5,4	5,5 - 8,0 <sup>3</sup>	8,1 - 12,0	> 12,0
35 - 60	< 4,1	4,1 - 8,0	8,1 - 12,0	12,1 - 18,0	> 18,0
15 - 35	< 6,7	6,7 - 12,0	12,1 - 20,0	20,1 - 30,0	> 30,0
0 - 15	< 10,1	10,1 - 20,0	20,1 - 30,0	30,1 - 45,0	> 45,0
<b>P-rem <sup>4</sup> (mg/L)</b>					

0 - 4	< 3,1	3,1 - 4,3	4,4 - 6,0 <sup>3</sup>	6,1 - 9,0	> 9,0
4 - 10	< 4,1	4,1 - 6,0	6,1 - 8,3	8,4 - 12,5	> 12,5
10 - 19	< 6,1	6,1 - 8,3	8,4 - 11,4	11,5 - 17,5	> 17,5
19 - 30	< 8,1	8,1 - 11,4	11,5 - 15,8	15,9 - 24,0	> 24,0
30 - 44	< 11,1	11,1 - 15,8	15,9 - 21,8	21,9 - 33,0	> 33,0
44 - 60	< 15,1	15,1 - 21,8	21,9 - 30,0	30,1 - 45,0	> 45,0
<b>Potássio disponível (K)<sup>2</sup></b>					
	< 16	16 - 40	41 - 70	71 - 120	> 120

1 mg/dm<sup>3</sup> = ppm (m/v).

2 Método Mehlich-1.

3 Nesta classe apresentam-se os níveis críticos de acordo com o teor de argila ou com o valor do fósforo remanescente. O limite superior desta classe indica o nível crítico.

4 P-rem = Fósforo remanescente.

Fonte: ALVAREZ V. et al. (1999).

No caso do fósforo disponível obtido pela Resina podem ser consideradas as seguintes faixas de disponibilidade:

Faixa de disponibilidade	Fósforo disponível (Resina)
	----- mg/dm <sup>3</sup> -----
Baixo	0 - 20
Médio	21 - 40
Alto	> 40

**Tabela 5.** Classes de interpretação da disponibilidade para o enxofre<sup>1</sup>, de acordo com o valor de fósforo remanescente (P-rem).

P-rem mg/L	Classificação				
	Muito baixo	Baixo	Médio <sup>2</sup>	Bom	Muito bom
	----- (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>3</sup> -----				
	Enxofre disponível (S)				
0 - 4	< 1,8	1,8 - 2,5	2,6 - 3,6	3,7 - 5,4	> 5,4
4 - 10	< 2,5	2,5 - 3,6	3,7 - 5,0	5,1 - 7,5	> 7,5
10 - 19	< 3,4	3,4 - 5,0	5,1 - 6,9	7,0 - 10,3	> 10,3
19 - 30	< 4,7	4,7 - 6,9	7,0 - 9,4	9,5 - 14,2	> 14,2
30 - 44	< 6,5	6,5 - 9,4	9,5 - 13,0	13,1 - 19,6	> 19,6
44 - 60	8,9	9,0 - 13,0	13,1 - 18,0	18,1 - 27,0	> 27,0

1 Extrator Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, 500 mg/L de P, em HOAc 2 mol/L.

2 Esta classe indica os níveis críticos de acordo com o valor de P-rem.

3 mg/dm<sup>3</sup> = ppm (m/v).

Fonte: ALVAREZ V. et al. (1999).

**Tabela 6.** Classes de interpretação da disponibilidade para os micronutrientes.

Micronutrientes mg/L	Classificação				
	Muito baixo	Baixo	Médio <sup>1</sup>	Bom	Muito bom
	----- (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>2</sup> -----				
Zinco disponível (Zn) <sup>3</sup>	< 0,5	0,5 - 0,9	1,0 - 1,5	1,6 - 2,2	> 2,2
Manganês disponível(Mn) <sup>3</sup>	< 3	3 - 5	6 - 8	9 - 12	> 12
Ferro disponível (Fe) <sup>3</sup>	< 9	9 - 18	19 - 30	31 - 45	> 45
Cobre disponível (Cu) <sup>3</sup>	< 0,4	0,4 - 0,7	0,8 - 1,2	1,3 - 1,8	> 1,8
Boro disponível (B) <sup>4</sup>	< 0,16	0,16 - 0,35	0,36 - 0,60	0,61 - 0,90	> 0,90

1 O limite superior desta classe indica o nível crítico.

2 mg/dm<sup>3</sup> = ppm (m/v).

3 Método Mehlich-1.

4 Método água quente.

Fonte: ALVAREZ V. et al. (1999).

**Tabela 7.** Interpretação das classes de teores de fósforo no solo indicadas para a cultura do milho.

Classe textural do solo <sup>1</sup>	Extrator de fósforo	Classes de teor de fósforo no solo		
		Baixo	Médio	Alto
		----- ppm -----		
Argilosa (36 a 60%)	Mehlich-1	< 6	6 a 10	> 10
Média (15 a 35%)	Mehlich-1	< 11	11 a 20	> 20
Arenosa (< 15%)	Mehlich-1	< 21	21 a 30	> 30
	Resina	< 16	16 a 40	> 40

1 Porcentagem de argila.

Fonte: COELHO & FRANÇA (1995).

## Diagnose foliar

### Análise de plantas

Além dos sintomas característicos de uma ou outra desordem, que só se manifestam em casos graves, a identificação do estado nutricional da planta somente é possível pela análise química da mesma. A utilização da análise foliar como critério diagnóstico baseia-se na premissa de existir uma relação bem definida entre o crescimento e a produção das culturas e o teor dos nutrientes em seus tecidos. A diagnose foliar tem sido utilizada nas seguintes situações (Martinez et al., 1999):

- a. na avaliação do estado nutricional da probabilidade de resposta às adubações;
- b. na verificação do equilíbrio nutricional;
- c. na constatação da ocorrência de deficiências ou toxidez de nutrientes;
- d. no acompanhamento, avaliação e ajuda no ajuste do programa de adubações;
- e. na ocorrência de salinidade elevada em áreas irrigadas ou cultivos hidropônicos.

Deve-se salientar que o uso da análise de tecidos torna-se mais importante no caso dos micronutrientes, considerando a carência de valores de referência para interpretar seus teores no solo e a falta de padronização dos métodos analíticos empregados para sua determinação no solo. A parte amostrada deve ser representativa da planta toda e o órgão de controle mais freqüentemente escolhido é a folha, pois a mesma é a sede do metabolismo e reflete bem, na sua composição, as mudanças na nutrição. A amostragem deve ser realizada em talhões homogêneos, em época apropriada, retirando-se folhas de posições definidas na planta. Para o milho, o terço basal da folha oposta e abaixo da primeira espiga (superior), excluída a nervura central, coletada por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina (embonecamento), é comumente utilizado. Normalmente recomenda-se a coleta de 30 folhas por hectare ou talhão homogêneo, quando 50 a 75% das plantas apresentam-se com inflorescência feminina. Não se deve coletar amostras das folhas quando, nas semanas antecedentes, fez-se uso de adubação no solo ou foliar, aplicaram-se defensivos ou após períodos intensos de chuva. Recomenda-se este estágio fisiológico pelos seguintes motivos:

- a. o estágio de desenvolvimento e a posição da folha são facilmente reconhecidos;
- b. a remoção de uma simples folha não afeta a produção;
- c. o efeito de diluição dos nutrientes nesta fase é mínimo, porque o potencial de crescimento e armazenamento dos órgãos vegetativos atingiu o ponto máximo;
- d. o requerimento de nutrientes é alto nessa fase.

O ideal é que as amostras cheguem ao laboratório ainda verdes, no mesmo dia da coleta, acondicionadas em sacos de plástico, identificadas e transportadas em caixas com gelo. Caso isso não seja possível, é aconselhável que as folhas sejam rapidamente lavadas com água corrente e enxaguadas com água filtrada ou destilada, acondicionadas em sacos de papel reforçados e postas para secar ao sol ou em estufa a 70°C. A identificação da amostra deve conter o seu número, cultura, localidade, data da coleta, nutrientes para analisar e endereço para resposta. É importante que o laboratório seja confiável e possua sistema de acompanhamento e avaliação da qualidade.

Os teores foliares de macro e micronutrientes considerados adequados para culturas produtivas de milho são apresentados na Tabela 8.

**Tabela 8.** Valores de referência dos teores foliares de nutrientes considerados adequados para a cultura do milho.

Macronutrientes	Teor (%)	Micronutrientes	Teor (mg/dm <sup>3</sup> )
Nitrogênio	2,75-3,25	Boro	4-20
Fósforo	0,25-0,35	Cobre	6-20
Potássio	1,75-2,25	Ferro	20-250
Cálcio	0,25-0,40	Manganês	20-150



Magnésio	0,25-0,40	Molibidênio	0,20
Enxofre	0,10-0,20	Zinco	20-70

---

Fonte: [Martinez et al. \(1999\)](#).

## Sintomas de deficiência

Os sintomas de deficiência podem se constituir, no campo, em elemento auxiliar na identificação da carência nutricional. No entanto, para a identificação da deficiência com base na sintomatologia, é necessário que o técnico tenha razoável experiência de campo, uma vez que deficiências, sintomas de doenças e distúrbios fisiológicos podem ser confundidos. A sintomatologia descrita e apresentada a seguir, em forma de chave, foi adaptada de Malavolta & Dantas (1987).

## Sintomas iniciais na parte inferior da planta

### Com clorose

Amarelecimento da ponta para a base em forma de "V"; secamento começando na ponta das folhas mais velhas e progredindo ao longo da nervura principal; necrose em seguida e dilaceramento; colmos finos.

Foto: [Antonio Marcos Coelho](#)



**Figura 4.** Sintomas de deficiência de nitrogênio.

Clorose nas pontas e margens das folhas mais velhas, seguida por secamento, necrose ("queima") e dilaceração do tecido; colmos com internódios mais curtos; folhas mais novas podem mostrar clorose internerval típica da falta de ferro.

Foto: Antonio Marcos Coelho



**Figura 5.** Sintomas de deficiência de potássio.

As folhas mais velhas amarelecem nas margens e depois entre as nervuras dando o aspecto de estrias; pode vir a seguir necrose das regiões cloróticas; o sintoma progride para as folhas mais novas.

Foto: Antonio Marcos Coelho



**Figura 6.** Sintomas de deficiência de magnésio.

Faixas brancas ou amareladas entre a nervura principal e as bordas, podendo seguir-se necrose e ocorrer tons roxos; as folhas novas se desenrolando na região de crescimento são esbranquiçadas ou de cor amarelo - pálido, internódios curtos.

Foto: Antonio Marcos Coelho



**Figura 7.** Sintomas de deficiência de zinco.

Sem necrose Cor verde-escuro das folhas mais velhas, seguindo-se tons roxos nas pontas e margens; o colmo também pode ficar roxo.

Foto: Antonio Marcos Coelho



**Figura 8.** Sintomas de deficiência de fósforo.

Pequenas manchas brancas nas nervuras maiores, encurvamento do limbo ao longo da nervura principal.

## Sintomas iniciais na parte superior da planta

### Com clorose

As pontas das folhas mais novas gelatinizam e, quando secas, grudam umas nas outras; à medida que a planta cresce, as pontas podem estar presas. Nas folhas superiores aparecem, sucessivamente, amarelecimento, secamento, necrose e dilaceração das margens e clorose internerval (faixas largas); morte da região de crescimento.

Foto: Carlos Alberto de Vasconcellos



**Figura 9.** Sintomas de deficiência de cálcio.

Faixas alongadas aquosas ou transparentes, que depois ficam brancas ou secas nas folhas novas, o ponto de crescimento morre; baixa polinização; quando as espigas se desenvolvem podem mostrar faixas marrons de cortiça na base dos grãos.

Foto: Antonio Marcos Coelho



**Figura 10.** Sintomas de deficiência de boro.

Amarelecimento das folhas novas logo que começam a se desenrolar, depois as pontas se curvam e mostram necrose, as folhas são amarelas e mostram faixas semelhantes às provocadas pela carência de ferro; as margens são necrosadas; o colmo é macio e se dobra.

Foto: Antonio Marcos Coelho



**Figura 11.** Sintomas de deficiência de cobre.

Clorose internerval em toda a extensão da lâmina foliar, permanecendo verdes apenas as nervuras (reticulado finas de nervuras).

Foto: Antonio Marcos Coelho



**Figura 12.** Sintomas de deficiência de ferro.

Clorose internerval das folhas mais novas (reticulado grosso de nervuras) e depois de todas elas, quando a deficiência for moderada; em casos mais severos aparecem no tecido faixas longas e brancas e o tecido do meio da área clorótica pode morrer e desprender-se; colmos finos.

Foto: Antonio Marcos Coelho



**Figura 13.** Sintomas de deficiência de manganês.

**Sem clorose**

Folhas novas e recém-formadas com coloração amarelo-pálido ou verde suave. Ao contrário da deficiência de nitrogênio, os sintomas ocorrem nas folhas novas, indicando que os tecidos mais velhos não podem contribuir para o suprimento de enxofre para os tecidos novos, os quais são dependentes do nutriente absorvido pelas raízes.

Foto: Antonio Marcos Coelho



**Figura 14.** Sintomas de deficiência de enxofre.

## Calagem e gessagem

### Calagem

O desenvolvimento ou adaptação de cultivares mais tolerantes à acidez do solo, via melhoramento genético, não elimina o uso do calcário na agricultura, pelos seus efeitos e sua importância nos diferentes níveis tecnológicos dos diversos sistemas de produção usados no Brasil. A recomendação de calagem não é um procedimento simples, por pressupor o conhecimento de um número razoável de informações adicionais, como: características da propriedade agrícola (caracterização da área, da cultura, tipo de solo, histórico da área, expectativa de rendimento etc...), conhecimento tecnológico (tem sua origem na pesquisa naquela região ou estado) e, por último, informações oriundas das condições do mercado, principalmente àquelas relacionadas a preços de insumos e também disponibilidade de crédito, e que são independentes das duas anteriores.



Os solos brasileiros, na sua maioria, são ácidos, destacando-se aqueles sob vegetação de cerrado. Tais solos são caracterizados por baixas concentrações de cálcio e de magnésio, elementos diretamente envolvidos no desenvolvimento das raízes, e por valores elevados de alumínio trocável e baixa disponibilidade de fósforo do solo.

As respostas das culturas à calagem dependem de fatores ligados à planta, ao solo e ao corretivo empregado, de tal forma que essa interação direcione a máxima eficiência da prática.

A acidez do solo é representada basicamente por dois componentes: a fase sólida, que é representada pelas argilas, a matéria orgânica e os óxidos de ferro e alumínio, está em equilíbrio com a fase líquida, a solução do solo. Os íons  $H^+$  dissociados na fase líquida são denominados acidez ativa, que é estimada pelo pH. Os demais íons  $H^+$  e  $Al^{+3}$ , ligados à fase sólida, são denominados acidez potencial. Apenas parte dos íons alumínio são deslocados por outros cátions, sendo, por isso, denominados de Al trocável ou acidez trocável.

Os métodos que quantificam a necessidade de calcário visam a eliminação não somente da acidez ativa, mas também da acidez potencial do solo.

A estimativa da necessidade de calagem ( **NC** ) é feita através da análise química do solo e vários métodos vêm sendo utilizados. Os métodos atualmente em uso visam não somente a redução da acidez do solo, mas o melhor retorno econômico para a maioria das espécies cultivadas.

A escolha do calcário, o valor neutralizante, o grau de finura e sua reatividade são fatores relevantes na aquisição do material corretivo. Em situações que requeiram correção do magnésio, o calcário magnesiano ou o dolomítico são os recomendados. Não sendo suficientes, outras fontes de magnésio devem ser utilizadas. O poder neutralizante é determinado pela comparação com o poder de neutralização do carbonato de cálcio puro ( $CaCO_3$ ), que é de 100%. Por essa razão, é denominado de Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) ou equivalente de carbonato de cálcio.

A calagem tem efeitos diretos e indiretos sobre as plantas. Os primeiros, geralmente depende do tempo e da umidade disponível no solo e estão associados com algumas características físicas (ex: relação entre o tamanho da partícula e a sua superfície) e químicas do corretivo(ex: valor do Poder Neutralizante - PN-). Em conjunto, determinam mudanças em algumas características do solo, quais sejam: a redução da saturação por alumínio, elevação nas concentrações do cálcio e do magnésio, elevação do pH e aumento na disponibilidade do fósforo. A atividade biológica também é favorecida pela ação do calcário.

Os efeitos indiretos podem manifestar-se através de algumas características fenológicas das plantas, como a distribuição do sistema radicular em profundidade e sua relação com a maior resistência aos déficits hídricos (veranicos). Em ambos os casos, os efeitos do calcário estão diretamente ligados a aumentos da produção e da qualidade da biomassa, tanto grãos como matéria seca na produção de silagem.

## Métodos para estimar a necessidade da calagem

Os métodos para recomendação da necessidade de calcário ( **NC** ) adquiriram, em alguns casos, caráter regional quanto ao seu uso e preferência pelos técnicos. Nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, os métodos mais comumente utilizados, segundo Goerdert et al.(1987) e CFSGM,(1999) são : a) método baseado na eliminação do alumínio trocável e na elevação dos teores do cálcio e do magnésio e b) método da saturação por bases:

a) Eliminação do alumínio trocável e elevação dos teores de cálcio e magnésio. Esse método consiste na extração do alumínio, do cálcio e do magnésio trocáveis com uma solução 1M de KCL.

A fórmula utilizada para estimar a necessidade de calagem (NC), segundo a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, capítulo 8, adotada a partir de 1999, é:

$$NC = CA + CD$$

O Termo **NC** é a necessidade de calagem, **CA**, a correção da acidez em função do valor da saturação por alumínio (valor m%) de cada cultura, que, no caso do milho, é de 15%, e da capacidade tampão do solo, valor Y. O componente **CD** na equação é a correção da deficiência nos teores de cálcio e do

$$CA = Y [Al^{+3} - (mt \times CTC \text{ efetiva} / 100) ]$$

magnésio. Pelo exposto, a expressão parcial da CA é

Os valores de Y são uma função do poder tampão do solo e da textura, portanto, para solos arenosos(0 a 15% argila), Y= 0 a 1; solos com textura média (15 a 35% argila), Y=1 a 2; solos argilosos (35 a 60% argila), Y=2 a 3 e solos muito argilosos (mais de 60% argila), Y=3 a 4.

Al +3 : a acidez trocável, expressa em Cmol c /dm<sup>3</sup> ; mt: máxima saturação por Al, em % e CTC efetiva: valor t, em Cmol c /dm<sup>3</sup> . Se, nessa expressão, valores negativos tiverem sido obtidos, considera-se CA=0, para efeito de cálculos, ficando a NC somente com o segundo termo da fórmula geral, ou seja o termo CD, que é a correção da deficiência de Ca e do Mg.

$$CD = X - ( Ca^{+2} + Mg^{+2} )$$

Para a correção da deficiência de Ca e de Mg, o termo CD, é dado pela expressão:

Os valores Ca e Mg são expressos em Cmol c /dm<sup>3</sup> e o valor X é baseado na necessidade destes cátions pela cultura; no caso do milho, X=2

A expressão geral da necessidade de calagem, considerando os dois termos dimensionados, é:

$$= Y [Al^{+3} - (mt \times CTC \text{ efetiva} / 100) ] + [ X - ( Ca^{+2} + Mg^{+2} ) ]$$

Nos Estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, A **NC** tem sido estimada pelo uso das expressões: NC (t/ha) = Al<sup>3</sup> x 2, baseado na eliminação do Al trocável e, NC (t/ha) = Al<sup>3</sup> x 2 + 2 - (Ca<sup>2</sup> + Mg<sup>2</sup> ) , baseado na eliminação e na elevação dos teores de cálcio e do magnésio

b) Saturação de bases. Esse método teve origem no Estado de São Paulo, em trabalhos de Catani e Gallo, (1955), seguidos por Raij et al.(1979) e, por último, a versão em uso, proposta por Quaggio et al. (1983). É baseado na correlação do pH do solo com a saturação por bases e requer, em rotina laboratorial, a determinação de Ca, Mg, K, em alguns casos também o Na, além da determinação de H+Al (acidez potencial ), extraídos com acetato de cálcio 0,5M, ajustado ao pH 7.

$$NC = ( V2 - V1 ) CTC / 100$$

A fórmula para o cálculo da Necessidade de Calagem, em toneladas/hectare é representada pela expressão:

A CTC representa a soma das bases Ca, Mg, K e Na com os valores da acidez potencial (H + Al), expressos em  $\text{Cmol c /dm}^3$ . O valor V2 é a saturação de bases que se deseja elevar e V1, a saturação original do solo, através da análise química. No caso do milho, recomenda-se valores de V2 entre 50% e 60%.

Independente do método a ser usado, recomenda-se, quando for conveniente, a correção da quantidade de calcário a um valor de 100%, através da

$$NC_c = 100 / PRNT$$

expressão:

## Escolha do calcário

A indústria de calcário coloca no mercado produtos com ampla variação na granulometria, nos teores de cálcio e magnésio e no PRNT. Cabe ao técnico, com base na análise de solo, na exigência da cultura e no preço do calcário, analisar as várias alternativas oferecidas e decidir qual a solução mais técnica e econômica. A decisão final, entre outras informações, o preço por tonelada efetiva, é uma variável de grande interesse e para tal a seguinte relação deve ser usada:

$$\text{Preço por tonelada efetiva} = \frac{\text{Preço por tonelada na propriedade}}{\text{PRNT (\%)}}$$

No Brasil, há preferência pelo uso de calcários dolomíticos e magnesianos sobre os calcíticos, visando a manutenção de uma relação Ca: Mg de 3:1 a 5:1. Para a cultura do sorgo, resultados experimentais mostraram que essa relação pode ser mais ampla (Ca : Mg = 10:1), sem prejuízo da produção, desde que o teor de magnésio no solo esteja acima de  $0,5 \text{ cmol c /dm}^3$  de solo. Entretanto, devido à maior exigência da soja ao magnésio, em área utilizadas com a rotação soja - milho, o teor de magnésio no solo, nessa situação, deve ser de, no mínimo,  $1 \text{ cmol c /dm}^3$ .

## Caraterísticas da qualidade dos materiais corretivos

As principais características relacionadas com a qualidade dos corretivos são: teor de neutralizantes (poder de neutralização-PN), tamanho das partículas, forma química dos neutralizantes e natureza geológica.

O teor de neutralizantes (PN) é determinado diretamente com ácido clorídrico e expresso em %. A conversão dos óxidos de Ca e de Mg em "CaCO<sub>3</sub> equivalente" é denominado Valor Neutralizante - **VN**. Por essa razão, o CaCO<sub>3</sub> possui um valor VN igual a 100%. O VN do MgCO<sub>3</sub> é 119, para o CaO, esse valor é de 179 e o VN do MgO, 248. Esses números mostram que os óxidos de Ca e de Mg neutralizam a acidez do solo na ordem de 1,79 e de 2,48 vezes mais, quando comparados com o poder neutralizante dos carbonatos. Dessa forma, pode-se, através da análise química dos corretivos, calcular o E CaCO<sub>3</sub>, por exemplo:

Material A=25% CaO e 15% MgO - ( 25 x 1,79 + 15 x 2,48 ) = 82%

Material B =60% CaO e 12% MgO - ( 60 x 1,19 + 12 x 2,28 ) =137,2%

Como ilustração, um material que possua um PN de 110 % significa que 100 kg desse material tem a mesma capacidade neutralizante de 110 kg de CaCO<sub>3</sub>. Há casos em que o VN superestima a capacidade de neutralização do corretivo (PN), isso se deve a algumas frações insolúveis de Ca e de Mg que não participam da neutralização da acidez do solo.

A legislação brasileira não exige teores mínimos de E CaCO<sub>3</sub>, porém, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento recomenda que a soma dos óxidos de Ca e de Mg não deve ser menor que 38% e o PRNT não inferior a 67%.

Há resultados experimentais que apontam valores de E CaCO<sub>3</sub> menores que 80% indicativos de má qualidade do corretivo.

A granulometria, segundo a legislação brasileira (ABNT), deve seguir as seguintes características: 95% do material deve passar na peneira 10 (2mm), 70% deve passar na peneira 20 (0,84mm) e 50% passar na peneira 50 (0,30mm). Através das frações granulométricas, pode-se estimar a reatividade do material corretivo, em função das peneiras usadas:

**Tabela 9.** Reatividade do calcário de acordo com sua granulometria.

Fração granulométrica	Peneira ABNT	Reatividade (%)
> 2,00 mm	Retida no. 10	0
0,84 - 2,00 mm	Passa no. 10, retida no. 20	20
0,30 - 0,84 mm	Passa no. 20, retida no. 50	60
£ 0,84 mm	Passa no. 50	100

Fonte: Comissão de Fertilidade do Solo-MG, 1999.

A combinação do PN com a reatividade (RE) permite estimar o Poder Relativo de Neutralização total ( **PRNT** ), através da seguinte fórmula:  
**PRNT= PN x RE / 100**

Quanto à forma química dos corretivos, ressalta-se que os óxidos de Ca e de Mg têm reação instantânea com a água, formando hidróxidos:



Esses hidróxidos apresentam reatividade muito mais alta que os carbonatos, porém apresentam algumas desvantagens: a) devem ser imediatamente incorporados, pois, devido à umidade e na presença de CO<sub>2</sub> tornam-se enpedrados e carbonatados, b) são muito cáusticos, c) devido à sua elevada finura, perdem-se facilmente com o vento durante a aplicação; e d) são de custo bem elevado.

Não foram observadas diferenças no aumento do pH do solo quando se compararam os calcários dolomíticos com os calcíticos.

Existem dois critérios para a classificação dos calcários:

1. **pelos teores de MgO** calcíticos (< 5 dag/kg de MgO) magnesianos (entre 5 e 12 dag/kg de MgO) dolomíticos (> 12 dag/kg de MgO)

2. **pelos valores de PRNT** Grupo A (PRNT entre 45 e 60%) Grupo B (PRNT entre 60,1 e 75%) Grupo C (PRNT entre 75,1 e 90%) Grupo D (PRNT maior que 90%).

Do exposto, observa-se que a decisão baseada nos teores de MgO será em função da análise química do solo e dos valores de Ca e Mg, porquanto aquelas baseadas nos valores de PRNT, aspectos econômicos são importantes como também preferir materiais pertencentes ao Grupo D ou próximos a ele.

## Aplicação do calcário

Os materiais corretivos comumente usados na agricultura são rochas moídas, misturas de calcita e dolomita, as quais possuem, em suas composições, carbonatos de cálcio e de magnésio, que são pouco solúveis. As rochas calcárias calcinadas que contêm óxidos de cálcio e magnésio (cal virgem) ou os materiais hidratados oriundos dos óxidos, os hidróxidos de Ca e de Mg (cal hidratada), apesar de serem mais solúveis que os carbonatos, têm sido menos usados na agricultura.

Recomenda-se que a aplicação do calcário seja a mais uniforme possível, em toda a extensão do terreno, de modo que haja a mais íntima mistura com as partículas do solo, aumentando a superfície de contato.

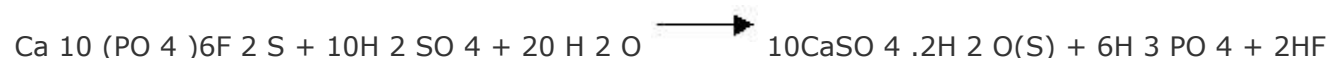
A incorporação do calcário deverá ser a mais profunda possível, de preferência a profundidades maiores que 20 cm. Essa observação ainda é mais relevante quando se recomendam quantidades superiores a 4 toneladas/ha. Nessa situação, sugere-se o parcelamento em duas vezes, ou seja, metade antes da aração e a outra metade após essa operação, seguindo-se esta última, de uma gradagem.

Em solos sob plantio direto consolidado, é possível aplicar o calcário na superfície, sem a necessidade de revolvimento para incorporação (aração e gradagem). Nessa situação, as quantidades são menores e as recomendações são baseadas na textura do solo: a) *Solos argilosos*: 1/3 a 1/2 da necessidade de calcário (NC), pelo método de saturação de bases, para a camada de 0 a 20 cm. Se maior que 2,5 t/ha, adotar o valor limite; b) *Solos de textura média e arenosos*: 1/2 da necessidade de calcário (NC), pelo método de saturação de bases para a camada de 0 a 20 cm. Se maior que 1,5 a 2 t/ha, adotar o valor limite.

A necessidade de uma nova aplicação de calcário deve ser monitorada pela saturação por bases do solo. Com valores iguais ou superiores a 50%, não efetuar a calagem. (Lopes, A.S., comunicação pessoal).

## Gessagem

O gesso agrícola é também denominado fosfogesso. As indústrias de fertilizantes, durante o processo de fabricação de superfosfatos, simples e triplo, e fosfatos de amônio, MAP e DAP, usam como matéria-prima a rocha fosfática, geralmente a fluorapatita. Esta, ao ser atacada com ácido sulfúrico, na presença de água, forma como subprodutos sulfato de cálcio, ácido fosfórico e ácido fluorídrico, de acordo com a seguinte equação:



Os dados da eficiência industrial indicam que, para cada tonelada de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> obtida, são produzidas 4,5 toneladas de gesso agrícola. Essa relação evidencia o grande acúmulo desse material em plantas industriais ligadas ao setor.

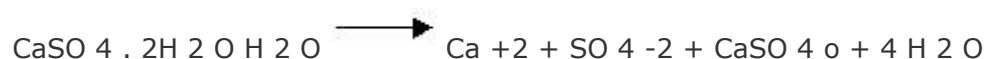
O gesso é o sulfato de cálcio dihidratado, apresentando-se na forma de pó branco-amarelado. Sua composição média, segundo Vitti e Malavolta(1983), é : Umidade livre 15-17%; CaO 26-28%; S 15-16%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0,6 - 0,75%, SiO<sub>2</sub> insolúveis 1,26%; Flouretos 0,63% e óxidos de Al e Fe 0,37%.

O gesso é um sal pouco solúvel (2,0 a 2,5 g/L) e tem sido empregado na agricultura devido à retirada gradual do enxofre das formulações, concentrações mais elevadas de nutrientes nas formulações comerciais e excessiva produção e alta armazenagem industrial. Sob a ótica agrônômica, seu emprego tem sido justificado principalmente em duas situações; a) quando se requer fornecimento de cálcio e de enxofre; b) na diminuição de concentrações tóxicas do alumínio trocável nas camadas subsuperficiais, com conseqüente aumento de cálcio nessas camadas, visando "melhorar" o ambiente para o crescimento radicular.

Na primeira situação, a aplicação de uma tonelada de gesso, é adicionado 0,48 Cmol c /dm<sup>3</sup> do elemento. Por outro lado, sabe-se que apenas 250 kg/ha são necessários par atender as necessidades de S das plantas, razão pela qual, ao usar alguns fertilizantes, está-se adicionando também enxofre, por exemplo: o superfosfato simples contem 12%, o sulfato de amônio 24%, o FosMag 11% e fontes menos solúveis, como o fosfato natural parcialmente acidulado, 6%.

Esses fatores devem ser considerados, pois as quantidades de enxofre aplicadas através desses produtos podem já ser suficientes para atender as necessidades da cultura.

Na segunda situação, o gesso em contato com o solo e com umidade suficiente, sofre inicialmente uma dissolução, segundo a equação:



Os íons cálcio e sulfato irão participar de reações de troca catiônica e aniônica na solução do solo. Dessa forma, os íons Ca deslocam outros cátions, como o Al, K, Mg e H, porquanto os íons sulfato formam complexos químicos solúveis neutros, como MgSO<sub>4</sub> o , K<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> o, como também AlSO<sub>4</sub> o. Esses complexos, por apresentarem grande mobilidade, favorecem a descida desses cátions no perfil. Sais que apresentam alta mobilidade, como os nitratos (exemplo, KNO<sub>3</sub> ), que não interagem com a fase sólida, são facilmente arrastados no perfil, ocasionando acúmulo nas camadas mais profundas e, em alguns casos, levando a deficiência às plantas.

## Critérios para recomendação de gesso

A tomada de decisão sobre o uso do gesso agrícola deve sempre ser feita com base no conhecimento de algumas características químicas e na textura das camadas subsuperficiais do solo (20 a 40 cm e 30 a 60 cm). Haverá maior probabilidade de resposta ao gesso quando a saturação por Al<sup>3+</sup> for maior que 30 %, (m<sup>3</sup> 30%) ou o teor de Ca menor que 0,4 cmol c /dm<sup>3</sup> de solo .

Nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, os valores de m% são £ 20% e a saturação de Ca de 60% na CTC efetiva.

Uma vez estabelecidas aquelas características, as quantidades sugeridas são:

1. solos de textura arenosa (< 15 % de argila) = 0 a 0,4 t/ha;
2. solos de textura média (15 a 35 % de argila) = 0,4 a 0,8 t/ha;
3. solos argilosos (36 a 60 % de argila) = 0,8 a 1,2 t/ha;
4. solos muito argilosos (> 60 % de argila) = 1,2 a 1,6 t/ha. (Alvares et al., 1999).

A aplicação de gesso agrícola deve ser feita a lanço individual ou separadamente, com relação à aplicação do calcário (Alvares et al., 1999).

## Nutrição e adubação do milho

### 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 necessidade da melhoria na qualidade dos solos, visando uma produção sustentada. Essa melhoria na qualidade dos solos está geralmente relacionada ao adequado manejo, o qual inclui, entre outras práticas, a rotação de culturas, o plantio direto e o manejo da fertilidade, através da calagem, gessagem e adubação equilibrada com macro e micronutrientes, utilizando fertilizantes químicos e/ou orgânicos (esterços, 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.

Ao planejar a adubação do milho, deve-se levar em consideração os seguintes aspectos: a) diagnose adequada dos problemas - feita pela 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 considerando o que for 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).

### Exigências nutricionais

Dados médios de experimentos conduzidos em Sete Lagoas e Janaúba, MG, e relatados por Coelho & França (1995) dão uma ideia da extração de nutrientes pelo milho, cultivado para produção de grãos e silagem (Tabela 10). Observa-se que a extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio aumenta linearmente com o aumento na produtividade, e que a maior exigência da cultura 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, 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 efeito tanto na desorganização de processos metabólicos e redução na produtividade como a deficiência de um macronutriente como, por exemplo, o nitrogênio.

**Tabela 10.** 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 <sup>1</sup>				
		N	P	K	Ca	Mg
Grãos	3,65	77	9	83	10	10
	5,80	100	19	95	7	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

<sup>1</sup> Para converter P em P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; K em K<sub>2</sub>O; Ca em CaO e Mg em MgO, multiplicar por 2,29; 1,20; 1,39 e 1,66; respectivamente.

Fonte: Coelho & França (1995).

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 10). Assim, problemas de fertilidade do solo se manifestarão mais cedo na produção de silagem do que na produção de grãos.

## 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 a 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, associada ao potencial de perdas por lixiviação de nutrientes nos diferentes tipos de solos e a sua eficiência, 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), 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. Isso enfatiza que, para altas produções, mínimas condições de estresses devem ocorrer durante todos os estádios de desenvolvimento da planta.



A absorção de potássio apresenta um padrão diferente quando comparado do nitrogênio e ao fósforo. A máxima absorção do potássio ocorre no estágio vegetativo (30 a 40 dias de desenvolvimento), com taxa de absorção superior ao do nitrogênio e do 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.

## 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 da cultura 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.

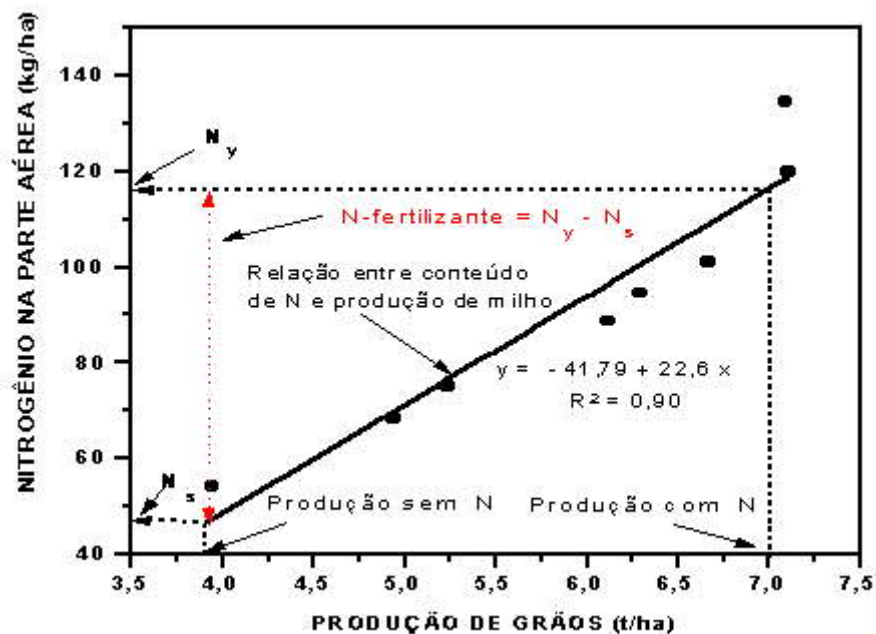
## Avaliação da necessidade de adubação nitrogenada

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 a 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, histórico da área e produtividade esperada. A recomendação da adubação nitrogenada em cobertura para a cultura do milho de sequeiro, de modo geral, varia de 40 a 80 kg de N/ha. Em agricultura irrigada, em que prevalece o uso de alta tecnologia, para a obtenção de elevadas produtividades, essa recomendação seria insuficiente. Nessas condições, doses de nitrogênio variando de 100 a 150 kg/ha podem ser necessárias para a obtenção de elevadas produtividades (Tabela 10).

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 Fig. 1 ilustra a complexidade envolvida, por exemplo, para recomendação de N para a cultura do milho, baseando-se em informações obtidas em solo sob cerrado (Coelho et al., 1992).



**Figura 15.** Relação entre a quantidade de nitrogênio na parte aérea e a produção de grãos de milho.

Fonte: Antonio Marcos Coelho

Como critério para recomendação, em condições específicas, parece adequado considerar a técnica da estimativa das necessidades de nitrogênio ilustrada na Fig. 1, em que:

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

Sendo:

$N_f$  = quantidade de nitrogênio requerida pela planta;

$N_y$  = 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 1,0 % de N na palhada a 1,4 % de N nos grãos);

$N_s$  = 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 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)

Utilizando-se esses conceitos, pode-se calcular a necessidade de nitrogênio para uma cultura do milho, para uma produtividade estimada de 7.000 kg/ha, em uma área cuja cultura anterior era o milho, conforme ilustrado na Tabela 11.

**Tabela 11.** Estimativa da necessidade de adubação nitrogenada para a cultura milho.**Necessidade da cultura para produzir:**

Grãos, 7000 kg ha <sup>-1</sup> x 1,4 % de N -----	98 kg
Palhada, 7000 kg ha <sup>-1</sup> x 1,0 % de N -----	70 kg
Total -----	168 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 -----	21 kg
Total -----	81 kg

**Necessidade de adubação <sup>1</sup> :**

$$N_f = (168 - 81)/0,60^* \text{ ----- } 145 \text{ kg}$$

\*fator de eficiência do N = 60 %

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

Fonte: Antonio Marcos Coelho.

## 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 comum 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, 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.

Para as condições do Brasil, de acordo com as informações disponíveis, Coelho et al. (1991) mencionam que, em geral, deve-se usar maior número de parcelamento sob as condições: a) altas doses de nitrogênio (120 a 200 kg/ha), 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); 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. Um esquema de parcelamento do nitrogênio para a cultura do milho, em função da textura do solo, é apresentado na Tabela 12.

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 12.** Sugestões para aplicações parceladas de nitrogênio em cobertura na cultura do milho.

Condições de solo e clima		Doses de nitrogênio		Estádios fenológicos do milho (número de folhas totalmente emergidas)				
		(kg/ha)	3 a 4	6 a 7	8 a 10	10 a 12		
Solos argilosos (36 a 60% de argila) e regiões não muito chuvosas		< 60	Aplicar na semeadura					
		$\geq 60$ a $\leq 120$ <sup>1/</sup>		100 %	-	-		
		> 120	50 %	50 %	<u>2/</u>	<u>2/</u>		
Solos textura média (15 a 35% de argila) e regiões não muito chuvosas		< 60	Aplicar na semeadura					
		$\geq 60$ a $\leq 120$		100 %	-	-		
		> 120	50 %	50 %	<u>2/</u>	<u>2/</u>		
Solos textura arenosa (< 15% de argila) e condições de alta percolação de N		$\geq 60$	100 %	-	-	-		
		$\geq 60$ a $\leq 120$	50 %	50 %	-	-		
		> 120	40 %	60 %	<u>2/</u>	<u>2/</u>		

**Fonte:** modificado de Coelho & França (1995)

<sup>-1/</sup>Se as plantas apresentarem sintomas de deficiência, pode -se fazer aplicação suplementar de nitrogênio, em período anterior ao indicado. <sup>-2/</sup>Em milho irrigado por aspersão, a aplicação de nitrogênio via água, possibilita maior flexibilidade no número de parcelamento.

## Fósforo

Embora as exigências do milho em fósforo sejam em quantidades bem menores do que em relação ao nitrogênio e ao potássio (Tabela 10), as doses normalmente recomendadas são altas, em função da baixa eficiência (20 a 30%) de aproveitamento desse nutriente pela cultura. Isto 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 potenciais de 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 4 e 5. 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 13.** Interpretação das classes de disponibilidade de fósforo no solo, de acordo com o teor de argila e disponibilidades de potássio.

Características	Classes de P disponível no solo <sup>1/</sup>		
	Baixo	Médio	Adequado
	----- (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>2/</sup> -----		
<b>Argila (%)</b>	<b>P disponível <sup>3/</sup></b>		
60-100	< = 5,5	5,5 - 8,0	> 8,0
35-60	< = 8,1	8,1 - 12,0	> 12,0
15-35	< = 12,1	12,1 - 20,0	> 20,0
0-15	< = 20,1	20,1 - 30,0	> 30,0
	Classes de K disponível no solo <sup>1/</sup>		
	Baixo	Médio	Adequado
	< = 41	41 - 70	> 70

<sup>1/</sup> Método Mehlich - 1, <sup>2/</sup> mg dm<sup>-3</sup> = ppm (m/v), <sup>3/</sup> Nesta classe, apresentam-se os níveis de acordo com o teor de argila. O limite superior desta classe indica o nível crítico. Fonte: adaptado de Alvarez et al. (1999).

**Tabela 14.** Recomendação de adubação para milho grãos com base na análise de solo e na produtividade esperada.

Produtividade (t/ha)	Dose de N Plantio	Disponibilidade de P					Disponibilidade de K			Doses de N Cobertura
		-----kg/ha-----					-----			
		Baixa	Média	Adequada			Baixa	Média	Adequada	
		- Dose de P <sub>205</sub> -					- Dose de K <sub>2O</sub> -			
4 - 6	10 - 20	80	60	30	50	40	20			60
6 - 8	10 - 20	100	80	50	70	60	40			100
> 8	10 - 20	120	100	100	90	80	60			140

Fonte: Alves et al. (1999).

Quando o solo apresentar teores de fósforo acima do nível crítico (Tabelas 13 e 14), 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<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Esse mesmo valor pode ser considerado quando se cultiva o milho para produção de silagem, visto que, como mostrado na Tabela 10, a exportação de fósforo, quando se cultiva o milho para essa finalidade, é semelhante àquela para a produção de grãos, em que encontra-se mais de 80% do fósforo absorvido pela cultura.

## Potássio

Depois do nitrogênio, o potássio é o elemento absorvido em maiores quantidades pelo milho, sendo que, em média, 30% são exportados nos grãos. Até pouco tempo, as respostas ao potássio, em ensaios de campo com o milho, eram menos freqüentes e mais modestas que aquelas observadas para fósforo e nitrogênio, devido principalmente aos baixos níveis de produtividade obtidos. Entretanto, nos últimos anos, tem-se verificado uma reversão desse quadro, devido aos seguintes aspectos: a) uso freqüente de formulações de fertilizantes com baixos teores de potássio; b) sistemas de produção utilizados pelos agricultores, como a rotação soja-milho, uma leguminosa altamente exigente e exportadora de potássio; e) uso de híbridos de milho de alto potencial produtivo; d) conscientização dos agricultores da necessidade de recuperação da fertilidade do solo através de uso de calcário e fertilizantes, principalmente nitrogênio; e) aumento do uso do milho como planta forrageira, altamente exigente e exportadora de potássio; f) ampliação das áreas irrigadas com 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 observadas para solos com teores muito baixos e com doses de até 120 kg de  $K_2O$ /ha. 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 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 13 e 14. As quantidades de potássio recomendadas para a adubação do milho para produção de forragem, em função do teor do nutriente no solo, são apresentadas na Tabela 15.

**Tabela 15.** Recomendação de adubação para milho forragem com base em análise de solo e na produtividade esperada.

Produtividade Matéria Verde  (t/ha)	Dose de N Plantio	Disponibilidade de P			Disponibilidade de K			Doses de N Cobertura
		Baixa	Média	Adequada	Baixa	Média	Adequada	
		--- Dose de $P_2O_5$ ---			--- Dose de $K_2O$ <sup>1/</sup> ---			
		-----kg/ha-----						
30 - 40	10 - 20	80	60	30	100	80	40	80
40 - 50	10 - 20	100	80	50	140	120	80	130
> 50	10 - 20	120	100	100	180	160	120	180

1/ Em solos com teores de K muito baixos ou para doses de cobertura = 80 kg de  $K_2O$ /ha, é aconselhável transferir a adubação potássica de cobertura para a fase de pré - semeadura, a lanço.

Fonte: Alves et al. (1999).

## 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. 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 80 kg/ha 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.

## Enxofre

A extração de enxofre pela planta de milho é pequena e varia de 15 a 30 kg/ha, para produções de grãos em torno de 5 a 7 t/ha. 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 fórmulas 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 ao elemento. Assim, em solos com teores de enxofre inferiores a 10 ppm ( $\text{mg/dm}^3$ ) (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.

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.

## Micronutrientes

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

**Tabela 16.** Critérios para interpretação de análise de solos para micronutrientes na região dos Cerrados.

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

Extratores:<sup>1/</sup> Água quente;<sup>2/</sup> Mehlich-1.

Fonte: adaptada de Lopes (1992).

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 solos sob vegetação de cerrado. Nessa condição, a quase totalidade das pesquisas realizadas mostram 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 2 kg de Zn/ha para solos com Zn (Mehlich-1) de 0,6 a 1,0 mg/dm<sup>3</sup> a 4 kg de Zn/ha para solos com Zn (Mehlich-1) menor que 0,6 mg/dm<sup>3</sup>. Quando a deficiência ocorre com a cultura em desenvolvimento, a correção pode ser feita com pulverização de 400 l/ha de solução a 0,5 % de sulfato de zinco, neutralizada com 0,25 % de cal extinta.

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. Galvão (1994), comparando métodos de aplicação de zinco na cultura do milho, verificou 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 17).

**Tabela 17.** Fontes, doses e métodos de aplicação de zinco na cultura do milho, em latossolo vermelho-escuro. Planaltina - DF.o, 1994).

Fontes de zinco	Doses de zinco (kg/ha)	Método de aplicação	Zinco no solo ppm (mg/dm <sup>3</sup> )	Produção de grãos (kg/ha)
Sulfato de zinco	0,4	a lanço	0,9	5.478
Sulfato de zinco	0,4	no sulco	0,4	4.913
Sulfato de zinco	1,2	a lanço	1,2	7.365
Sulfato de zinco	1,2	no sulco	1,0	5.898
Sulfato de zinco	3,6	a lanço	1,6	7.408
Óxido de zinco <sup>1/</sup>	0,8	nas sementes	0,4	6.156
Sulfato de zinco <sup>2/</sup>	1 %	viafoliar-2	0,4	7.187
Sulfato de zinco <sup>3/</sup>	1 %	viafoliar-3	0,4	7.187
Testemunha	-	-	0,3	3.880

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

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

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

Fonte: adaptado de Galvão (1994).

É importante ressaltar a falta de não resposta aos outros micronutrientes pode estar relacionada com níveis adequados de disponibilidade no solo ou o fornecimento indireto destes 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, tem 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 18. Neste experimento, o milho foi plantado em solo anteriormente cultivado com soja e que apresentou sintomas de deficiência de manganês.

**Tabela 18.** Efeito de doses e número de aplicações foliares de manganês em diferentes estádios de desenvolvimento do milho, no rendimento de grãos.

Doses de manganês (kg/ha)	Época de aplicação		Rendimento de grãos (kg/ha)	Peso da Espiga (g)
	4 Folhas	8 Folhas		
	----- n° de aplicações -----			
0,0	-	-	2210	89
0,6	1	-	5100	143
1,1	1	-	5330	144
0,6	-	1	6030	168
1,1	-	1	6690	182
0,6	1	1	8230	218
1,1	1	1	8400	211

1/ Sulfato de manganês diluído em 150 litros de água por hectare. Teor de Mn no solo (extrator Mehlich3) = 2,8 ppm, pH (H<sub>2</sub>O) = 6,3.

Fonte: adaptada de Mascagni Jr. & Cox (1984).

## Manejo da adubação para milho de alta produtividade no Brasil central

A produtividade de milho nas lavouras do Brasil vem crescendo consideravelmente na última década, em função dos avanços tecnológicos disponibilizados para a condução da cultura e melhoria do nível de informação e da capacidade gerencial dos agricultores. Tem se tornado frequente o relato de produtividades de grãos acima de 12 t/ha, obtidas nas principais regiões agrícolas do País, em diferentes sistemas de produção.

O cenário comum aos talhões de alta produtividade envolve, além do uso de sementes híbridas de grande potencial de produção e da disponibilidade hídrica favorável, o esmero com que as práticas de manejo geral da cultura são executadas. Por sua vez, a fertilidade do solo não pode ser limitante quando se trabalha com investimento pesado nos demais fatores de produção. No manejo do solo, além de priorizar o sistema plantio direto, deve-se realizar adubações bem dimensionadas e equilibradas quanto aos diversos macro e micronutrientes requeridos pelo milho.

O primeiro passo consiste no estabelecimento de um ambiente de fertilidade construída que garanta um bom potencial de produção. A partir daí, é preciso levar em conta a extração e exportação de nutrientes para uma dada produtividade, para a definição das quantidades de nutrientes a serem fornecidos a cada safra. Essas informações devem então ser confrontadas com o histórico de cultivos na área e com dados de monitoramento da oscilação de disponibilidade dos nutrientes e do potencial de sua ciclagem naquele ambiente ao longo dos anos. Com base nessa abordagem, é possível aferir a dinâmica dos fatores nutricionais nos talhões e refinar gradativamente o seu manejo, corrigindo de maneira ágil as tendências de deficiências e excessos de nutrientes, o que torna o sistema de produção mais eficiente.

As explorações agrícolas mais bem sucedidas se dão após considerável investimento em corretivos e fertilizantes para o condicionamento do perfil de exploração radicular, tornando-o propício ao desenvolvimento vigoroso das plantas e ao aproveitamento da água e nutrientes disponíveis em maior profundidade no solo. É a chamada construção da fertilidade. Na Tabela 19, são apresentados valores de referência na análise de solo, a serem alcançados e mantidos quando se busca um ambiente de alto potencial produtivo de grãos. Valores acima dos limites considerados adequados (Tabela 19)

passam a ser interpretados como altos e indicam oportunidades para um melhor planejamento da adubação ou uso mais racional de fertilizantes e corretivos.

**Tabela 19.** Valores adequados para atributos da fertilidade do solo, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, visando à manutenção de um ambiente de alto potencial produtivo para a cultura do milho.

Teor de argila	Atributos associados à fertilidade do solo <sup>1</sup>											
	Mat. orgânica	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn	V	
g/kg <sup>1</sup>	g/kg <sup>1</sup>	.....	mg/dm <sup>3</sup>	.....	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	.....	.....	mg/dm <sup>3</sup>	.....	.....	.....	%
≤ 150	11 a 15	25 a 40	40	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
160 a 350	21 a 30	20 a 30										
360 a 600	31 a 45	12 a 18	80	2,5 a 7,0	0,5 a 2,0	.....	0,5	0,8	5	3	50 a 60	
> 600	36 a 52	6 a 9										

**Fonte:** Adaptado de Sousa & Lobato (2004a).

<sup>1</sup> Matéria orgânica = teor de C multiplicado por 1,724. Teores de P e K determinados com o extrator Mehlich 1. Para converter o teor de K em cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, multiplica-se o valor em mg/dm<sup>3</sup> por 0,00256. Teor de S determinado por extração com Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> e interpretação considerando a média dos valores obtidos em amostras coletadas nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm. Teor de B determinado por extração com água quente e teores de Cu, Mn e Zn determinados usando o extrator Mehlich 1, com interpretação considerando o pH (água) do solo próximo de 6,0. V = saturação por bases.

O ideal é que a calagem, gessagem e adubações corretivas para a construção da fertilidade no perfil sejam realizadas quando da abertura das áreas de cultivo, visto que a incorporação e mistura dos respectivos insumos ao solo, com operações de aração e gradagem, originarão uma camada fértil mais espessa e homogênea para o aprofundamento radicular. Assim, é recomendável que se efetuem esses procedimentos antes de iniciar no sistema plantio direto, após o que, a ausência de preparo do solo tende a criar um gradiente de fertilidade, com concentração dos nutrientes no estrato mais superficial do perfil (0-10 cm de profundidade).

O sistema plantio direto exerce papel fundamental na qualidade física, química e biológica do solo, sendo, portanto, o componente que confere estabilidade aos ambientes de alto potencial produtivo. Este sistema, quando bem conduzido, reduz drasticamente as perdas de solo e água, proporciona aporte de material orgânico diversificado, alterna sistemas radiculares com diferentes arquiteturas e profundidades, previne variações extremas de umidade e temperatura do solo, matem o solo biologicamente mais ativo, promove uma ciclagem de nutrientes mais efetiva e leva à maior eficiência de aproveitamento dos fertilizantes. Por tudo isso, o plantio direto torna o ambiente de cultivo mais tamponado e resiliente. Para tanto, um preceito básico do sistema plantio direto precisa ser buscado: a rotação de culturas.

A combinação mais comum no Brasil Central é a alternância soja/milho, em sucessão ou rotação. Apesar da reduzida diversidade, essa simples alternância de espécies traz importantes benefícios ao sistema de produção de grãos, notadamente o aporte de nitrogênio dos resíduos da soja para o milho e a produção de palhada mais resistente à decomposição pelo milho, resultando em aumento da produtividade de ambas as culturas. Todavia, as áreas que vêm proporcionando colheitas acima de 12 t ha<sup>-1</sup> de grãos de milho, em geral, são manejadas com combinações um pouco mais complexas de culturas e plantas de cobertura. Tem se tornado mais comum a inclusão do feijoeiro, do sorgo, da braquiária, do milheto e da crotalaria, dentre outras espécies, para compor o sistema de produção junto com a soja e o milho.

A adubação de manutenção para produtividades de milho acima de 8 t/ha pressupõe a existência prévia de um razoável estoque de nutrientes no ambiente de cultivo (solo + palhada), ou seja, um solo de fertilidade já construída associado a uma ciclagem dinâmica decorrente do sistema plantio direto. Deve-se atentar então para a conservação e equilíbrio deste estoque, mediante a reposição das saídas de nutrientes por meio das adubações de manutenção a cada safra.

Lavouras de milho com produtividade acima de 8 t/ha de grãos estão associadas a sistemas que envolvem, basicamente, o seu cultivo na safra de verão. O primeiro aspecto a compreender no dimensionamento das quantidades de fertilizantes para as safras de milho em solos de fertilidade construída é a noção de que se está lidando com a adubação de um sistema de culturas e não de uma safra isolada. A fertilização que se deve aplicar depende dos créditos de nutrientes remanescentes de safras anteriores no solo e nas palhadas e certamente irá influenciar o saldo de nutrientes no sistema após a colheita do milho. Assim, a adubação de manutenção do milho deve fazer parte de um programa de reposição que considera o estoque e ciclagem de nutrientes naquele sistema de culturas, permite suprimento suficiente ao desenvolvimento e produtividade do milho na safra em andamento e realimenta o estoque do sistema, garantindo a base de fertilidade para o estabelecimento da cultura subsequente. Nessa estratégia, as entradas e saídas de nutrientes do ambiente de produção devem ser equilibradas para estabilizar as lavouras numa condição de alto desempenho produtivo ao longo do tempo.

Para funcionar bem, a adubação de manutenção do sistema depende de um conhecimento organizado sobre o histórico de cultivos e produtividades anteriores e deve ser dinâmica, a partir de constante monitoramento do solo e das culturas, que incluam análises de macro e micronutrientes, aferição das produtividades alcançadas e, caso necessário, ajustes e reorientações no manejo de nutrientes/fertilizantes com maior frequência.

A lógica para se definir as doses de nutrientes na adubação de manutenção baseia-se nas seguintes informações: 1) determinação da quantidade de nutrientes exigida para uma dada expectativa de produtividade; 2) estimativa dos créditos de nutrientes no sistema (solo + palhada) e sua disponibilização para a safra vindoura; e 3) eficiência de aproveitamento dos fertilizantes a serem aplicados.

A exigência ou demanda de nutrientes pelo milho pode ser estipulada a partir do conhecimento das taxas de extração pelas plantas e de exportação com a colheita dos grãos. Nas Tabelas 20 e 21, são compilados valores de extração e exportação de N, P e K pela cultura, expressos em kg de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O por tonelada de grãos. Ressalta-se a considerável variação na magnitude desses dados conforme a fonte de consulta considerada. Essa variação tem implicações práticas importantes, pois, ao se adotar um valor maior ou menor para efeito de cálculo da demanda de um nutriente, a correspondente quantidade requerida de fertilizante pode mudar significativamente.

**Tabela 20.** Indicativos de quantidades de nutrientes extraídas pela cultura do milho para cada tonelada de grãos produzida.

Extração			Observações	Referência
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		
..... kg/t grãos.....				
20,9	9,8	25,9	Com base em estudo com produtividade de 9,1 t/ha	Bull (1993)

			de grãos.	
17,2 a 21,4	5,6 a 9,6	17,3 a 27,4	Com base em estudos com produtividades variando de 3,7 a 10,2 t/ha.	Coelho & França (1995)
28,0	11,5	21,6	Valores de referência para o estado de São Paulo.	Cantarella et al. (1996)
25 a 35	11,5 a 16,0	21,6 a 42,0	Faixas de valores levantados na literatura brasileira.	Sousa & Lobato (2004a)
20,0	6,9	20,4	Valores médios para o Brasil.	Fancelli & Tsumanuma (2007)
27,3	10,1	21,3	Com base em estudos para produtividade de 9,45 t/ha, na região das planícies centrais dos EUA.	Leikam (2008)
24,3	10,0	23,9	MÉDIA GERAL	

**Fonte:** Resende et. al (2012)

Outra questão a ser enfatizada é que nos trabalhos publicados mais recentemente há uma tendência de decréscimo nos valores de exportação de nutrientes em relação às referências mais antigas, especialmente no caso do potássio (Tabela 21). A consequência disso é que, em se tratando de altas produtividades, a ideia de adubar em quantidades suficientes para restituir apenas o que for exportado nas colheitas de grãos pode acabar levando a uma redução nos estoques disponíveis no sistema.

**Tabela 21.** Indicativos de quantidades de nutrientes exportadas pela cultura do milho para cada tonelada de grãos colhida.

Exportação			Observações	Referência
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		
..... kg/t grãos.....				
14,2	7,8	5,2	Produtividade relatada foi de 9,1 t/ha de grãos.	Bull (1993)
12,9 a 16,0	4,8 a 8,2	4,3 a 6,8	Com base em estudos com produtividades variando de 3,7 a 10,2 t/ha.	Coelho & França (1995)
17,0	9,2	6,0	Valores de referência para o estado de São Paulo.	Cantarella et al. (1996)
17 a 23	9,2 a 13,7	4,8 a 8,4	Faixas de valores levantados na literatura brasileira.	Sousa & Lobato (2004a)
15,0	5,5	8,4	Valores médios para o Brasil.	Fancelli & Tsumanuma (2007)
16,0	6,5	4,7	Com base em estudos para produtividade de 9,45 t/ha, na região das planícies centrais dos EUA.	Leikam (2008)
-	6,2	3,8	Valores médios de 679 amostras analisadas na Embrapa Soja, Londrina-PR.	Oliveira Junior et al. (2010)
15,7	7,1	4,4	Valores médios em trabalhos brasileiros publicados a partir de 1995. Número de fontes de consulta foi de 27, 9 e 10 para N, P e K, respectivamente.	*Levantamento dos autores a partir de diversos trabalhos brasileiros.
16,1	7,5	5,6	MÉDIA GERAL	

**Fonte:** Resende et. al (2012)

Portanto, é mais seguro se trabalhar a adubação de manutenção de potássio garantindo uma margem além da quantidade exportada, sobretudo quando a análise de solo apresenta resultado de disponibilidade do nutriente muito próximo do limite mínimo considerado adequado a um ambiente de alto potencial produtivo (Tabela 19). Essa margem de segurança acima da exportação deve ser usada também para o manejo do nitrogênio. Ou seja, em função do elevado acúmulo nas plantas de milho para produtividades acima de 10 t/ha, na adubação de manutenção com N e K deve-se definir, como demanda da cultura, quantidades intermediárias entre o que seria a extração e a exportação desses nutrientes. O dimensionamento de adubação estrito em repor apenas a exportação pode, em curto espaço de tempo, criar um déficit desses nutrientes no sistema, afetando toda a sequência de culturas posteriores.

Uma lógica diferente direciona o manejo do fósforo, para o qual o solo constitui um grande reservatório com elevado grau de tamponamento e neste caso, a absorção vegetal ocorre em menor intensidade do que a observada para nitrogênio e potássio. Em outras palavras, o solo resiste muito mais ao esgotamento das reservas e, ao mesmo tempo, a planta apresenta menor extração de P, comparativamente ao N e ao K. Em solos de fertilidade construída, mesmo com adubações constantes, é de se esperar maior oscilação nos estoques desses últimos. Face ao exposto, a adubação de manutenção com P pode ser mais estritamente vinculada à reposição das quantidades exportadas nas colheitas.

De acordo com o raciocínio mencionado e os valores médios da Tabela 21, são indicadas na Tabela W as quantidades de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O a serem fornecidas para produtividades crescentes de milho em solos de fertilidade construída, considerando que estes se enquadrem na caracterização de atributos de fertilidade descritos na Tabela 19.

Nas condições médias de solos do Brasil Central cultivados sob sistema plantio direto, pode-se esperar que pelo menos 100 kg/ha de N sejam disponibilizados pelo solo + palhada durante o ciclo do milho. Partindo desse pressuposto, as doses totais de nitrogênio da Tabela W foram estipuladas mediante estimativa de demanda em torno de 20% acima da quantidade exportada do nutriente (Tabela 21), descontando-se os 100 kg a serem supridos pelo solo. O resultado dessa diferença é então multiplicado por um fator de correção que considera uma eficiência média de recuperação do fertilizante nitrogenado pelo milho de 63% (Cantarella, 2007).

As quantidades de N assim sugeridas garantem uma boa margem de segurança para o fornecimento do nutriente em quantidade condizente com a demanda do milho em níveis crescentes de produtividade esperada. É comum, entretanto, constatar lavouras que expressam os mesmos patamares de produtividade com doses de nitrogênio abaixo das indicadas na Tabela 22. Essa possibilidade nem sempre é previsível, sendo governada pela combinação de diversos fatores que interagem a cada safra, tais como: 1) quantidade e qualidade da matéria orgânica do solo; 2) textura do solo; 3) tipo e quantidade de palhada; 4) sequência de espécies nos cultivos anteriores; 5) taxas de atividade biológica e de ciclagem de N no sistema; 6) distribuição de chuvas ao longo do ciclo do milho; e 7) condições que favorecem as perdas ou o aproveitamento pelo milho do N aplicado em cobertura, ou seja, a própria eficiência da adubação nitrogenada.

**Tabela 22.** Recomendações de adubação de plantio e de cobertura para o milho cultivado em ambiente com fertilidade construída para alto potencial produtivo em plantio direto.

Produtividade esperada t/ha	Plantio			Cobertura	
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	K <sub>2</sub> O
	kg/ha				
8	30	80	50	60	30
10	40	100	50	110	60
12	40	120	50	170	90
14	40	140	50	230	120

**Fonte:** Resende et. al (2012)

Nesse contexto, é recomendável que se busque conhecer os fatores preponderantes que influenciam a resposta do milho ao fornecimento de N numa determinada lavoura. Dispondo de maior grau de detalhamento ao monitorar o ambiente de produção, é possível avançar rumo a um manejo mais otimizado. Refinamentos no dimensionamento da adubação nitrogenada podem ser efetuados a partir de adaptação das proposições de Sousa & Lobato (2004a), incluindo informações peculiares às condições locais, como segue:

$$\mathbf{N \text{ fertilizante (kg/ha)} = [N \text{ exportado, em kg/ha, para uma dada produtividade} \times 1,2] - [N \text{ solo}] \times f ;}$$

em que:

$$[N \text{ solo}] \text{ em kg/ha} = [(N \text{ mineralizado da matéria orgânica, MOS}) + (N \text{ da decomposição das palhadas})]$$

$$[N \text{ solo}] \text{ em kg/ha} = [(\%MOS \times 30) + (0,11 \times n^{\circ} \text{ sc/ha soja colhida três safras atrás}) + (0,1 \times n^{\circ} \text{ sc/ha milho duas safras atrás}) + (0,45 \times n^{\circ} \text{ sc/ha soja na última safra})]$$

$$f = 1,59 \text{ (fator de eficiência média dos fertilizantes nitrogenados = 63\%)}$$

Apresenta-se a seguir um exemplo hipotético de cálculo para expectativa de produtividade de 12 t/ha de grãos, considerando uma exportação de 16,1 kg de N para cada tonelada de grãos colhida:

$$N \text{ fertilizante} = [N \text{ exportado} \times 1,2] - [N \text{ solo}] \times f ;$$

$$N \text{ fertilizante} = [193 \times 1,2] - [(2,5 \%MOS \times 30) + (0,11 \times 50 \text{ sc/ha soja colhida três safras atrás}) + (0,1 \times 180 \text{ sc/ha milho duas safras atrás}) + (0,45 \times 61 \text{ sc/ha soja na última safra})] \times 1,59$$

$$N \text{ fertilizante} = (232 - 126) \times 1,59$$

$$N \text{ fertilizante} = 169 \text{ kg/ha (dose total de N a ser fornecida no plantio + cobertura)}$$

A dose total de nitrogênio deve ser fornecida parceladamente, em aplicações no sulco de semeadura e em uma ou duas coberturas entre os estádios V3 e V7. Atualmente há uma tendência de se aplicar um pouco mais de N na semeadura, até 40 ou 50 kg/ha, com o objetivo de garantir um bom aporte do nutriente para o arranque do milho e atender com folga a sua demanda até o estádio apropriado para a realização da adubação de cobertura. O milho responde à cobertura nitrogenada nos estádios seguintes ao V7, mas em lavouras de alto investimento tecnológico é comum as plantas no estádio V8 já apresentarem porte bastante alto, o que dificulta ou inviabiliza a entrada de máquinas para realização da cobertura sem danos à cultura, especialmente quando se trabalha com espaçamento reduzido entre linhas.

Na adubação fosfatada do milho aqui sugerida (Tabela 22) para solos com teores de P adequados (Tabela 19), considera-se que é possível preservar o potencial produtivo do sistema realizando adubações de manutenção para repor a exportação e adotando um fator de eficiência do fertilizante fosfatado de 75%.

Esse fator de eficiência vincula-se à ideia de que no sistema plantio direto, a rotação de culturas e a conservação da matéria orgânica influenciam os estoques e padrões de ciclagem de P no solo de modo a melhorar o seu aproveitamento pelas culturas. O aproveitamento dos fertilizantes fosfatados não é elevado num primeiro cultivo após a adubação, mas, ao longo do tempo com cultivos sucessivos a recuperação pelas plantas pode chegar a mais de 80% do que foi aplicado inicialmente (Sousa e Lobato, 2004 a,b). Desse modo, em lavouras sob sistema plantio direto bem conduzido, é de se esperar que não haja “perda ou indisponibilização definitiva” de fósforo em grandes proporções. A maior parte do nutriente adicionado via fertilizante a cada safra permanece em formas de maior ou menor labilidade, contribuindo para o tamponamento do ambiente de produção e favorecendo o processo de ciclagem. Com base nesses pressupostos, a adubação de manutenção indicada na Tabela 22 é suficiente para promover nutrição e desenvolvimento vigorosos do milho na safra corrente, repor as quantidades exportadas na colheita dos grãos e manter os estoques necessários para uma ciclagem eficiente, resguardando o potencial produtivo do talhão.

No manejo do potássio, a adubação de manutenção sugerida na Tabela 22 visa prevenir perda de potencial produtivo, tendo em vista que, mesmo num solo com fertilidade construída (Tabela 19), pode haver rápida depleção do teor do K disponível durante a fase vegetativa do milho (Resende et al., 2014). Assim, optou-se por estimar a demanda de  $K_2O$  em 60% acima da quantidade exportada (Tabela 21) e considerar um fator de eficiência do fertilizante potássico de 80%.

Para altas produtividades, a necessidade de K na adubação do milho aumenta linearmente e as aplicações no sulco de semeadura não comportam integralmente as correspondentes quantidades de fertilizante potássico, sob risco de provocar problemas de germinação das sementes em decorrência efeito salino do cloreto de potássio. A recomendação de se limitar a adubação potássica no sulco de semeadura a 50 kg/ha de  $K_2O$  (Tabela 22) visa minimizar o risco de comprometimento do estande, componente de grande relevância no desempenho da cultura, sobretudo quando se trata de lavouras de alta produtividade. O restante do potássio deve ser fornecido em cobertura juntamente com o nitrogênio, de preferência até o estádio V6. Em solos de textura argilosa, existe a opção dessa parcela da adubação potássica ser distribuída a lanço em pré-semeadura.

Conceitualmente, o nível crítico de um nutriente consiste do teor disponível no solo acima do qual é baixa a probabilidade de resposta ao seu fornecimento na adubação. O nível crítico corresponde ao limite superior da faixa de disponibilidade considerada “média” na interpretação da análise do solo. Por conseguinte, enquadra-se imediatamente abaixo da próxima faixa de interpretação, que é tida como “boa ou adequada” e caracteriza os solos de fertilidade construída (Tabela 19). Em condições de lavouras mais tecnificadas, é frequente se obter resultados de análise de solo com teores de P e K muito acima do nível crítico e até superando largamente os valores de disponibilidade considerados “muito bons” ou “altos”. Nessas condições, é provável que o agricultor esteja praticando adubações desnecessárias ou mesmo excessivas, o que significa uma oportunidade para se reorientar o manejo, com ganhos de eficiência e redução de custo.

A partir de informações regionalizadas ou locais, é possível aprimorar a tomada de decisão quanto ao dimensionamento das adubações. A obtenção de informações locais sobre extração e exportação de nutrientes em sistemas de produção, condições de cultivo e cultivares específicas, associadas ao monitoramento mais frequente do status de fertilidade do solo e do desempenho produtivo das lavouras, certamente abre novas possibilidades de otimização do manejo da adubação. Essa perspectiva exige um maior nível gerencial nas propriedades agrícolas, mas já se sabe que esse deverá ser o caminho trilhado pelo agricultor para manter elevados tetos de produtividade com rentabilidade maximizada.

## Adubação de milho safrinha

O milho safrinha, cultivado sem irrigação, no período de janeiro a abril, possui algumas características peculiares. Nessa época, o potencial de produtividade é menor e os riscos aumentam, em virtude das menores precipitações e baixas temperaturas e radiação solar no fase final do ciclo da cultura. Quando o milho safrinha começou a ser cultivado em grande escala, no início dos anos 90, muitos agricultores não investiam em adubação. Posteriormente, uma série de ensaios experimentais conduzidos principalmente no Estado de São Paulo, mostrou respostas consistentes à adubação e bom retorno econômico.

Em razão dos riscos existentes, deve-se, preferencialmente, implantar a lavoura em áreas de boa fertilidade, com necessidades de aplicação de fertilizantes em doses suficientes para a reposição das quantidades exportadas pelos grãos. Recomenda-se efetuar o plantio de milho safrinha em solo já corrigido, uma vez que não há tempo para a correção do solo com calcário antes do plantio da safrinha. A calagem deve ser feita antes da cultura de verão.

Áreas com subsolos muito ácidos, com altos teores de alumínio trocável ou baixos teores de Ca, podem limitar o desenvolvimento do sistema radicular e afetar a profundidade até onde as plantas podem absorver água, o que é crítico para a safrinha. Devido às condições de risco da cultura, recomenda-se o plantio do milho safrinha em solo de boa fertilidade, que exige menores investimentos. Em solo arenosos, com baixa capacidade de armazenamento de água, os riscos do milho "safrinha" aumentam.

Em situações em que os fatores climáticos não são limitantes, expressivas produções são obtidas com o milho safrinha. Em Maracaju, MS, em solos de alta fertilidade, após o cultivo de soja, observou-se resposta principalmente ao nitrogênio (Salton, 1994). Estudos conduzidos na região do Médio Vale do Paranapanema, SP, por Cantarella & Duarte (1997), para as condições de milho safrinha, após o cultivo da soja, mostram respostas econômicas à aplicação de nitrogênio, principalmente em solos arenosos. Em solos argilosos, as respostas foram baixas, porém constantes, até 40 kg/ha de nitrogênio. As respostas observadas para P e K foram baixas, e as doses econômicas diminuíram com o aumento da disponibilidade dos mesmos. No caso do fósforo, quando o seu teor no solo se encontrava em nível médio, o aumento de produção foi equivalente ao custo do fertilizante.

Nas condições do Mato Grosso do Sul e do Mato Grosso, não existem estudos de calibração de níveis críticos e doses econômicas para o milho safrinha. No entanto, algumas indicações podem ser feitas visando auxiliar a tomada de decisão para a aplicação de fertilizantes na cultura.

Os princípios usados na recomendação de adubação do milho safrinha são os mesmos da época normal. Deve-se, ainda, levar em consideração os maiores riscos que limitam as doses econômicas e a pluviosidade decrescente, que pode afetar o parcelamento da adubação. A dose de N recomendada para o plantio permite dispensar aplicações em cobertura para produtividades até 3 t/ha.

Na recomendação de nitrogênio em cobertura feita por Cantarella & Duarte (1977), além da produtividade esperada, considera-se a classe de resposta. Em área onde o milho safrinha é cultivado em solo arenoso ou após outra gramínea cultivada no verão, o mesmo é enquadrado na classe de média resposta ao elemento. Contudo, classifica-se o milho safrinha como de baixa resposta a nitrogênio, quando este é cultivado após soja ou outra leguminosa de verão (Tabela 19).

**Tabela 23.** Doses de nitrogênio em cobertura para o milho safrinha.

Produtividades Esperadas (t/ha)	Classes de resposta ao nitrogênio	
	média	Baixa
2-3	0	0
3-4	20	10



Fonte: Cantarella & Duarte, 1997.

Em razão do baixo potencial de rendimento, as doses de fósforo e potássio a serem aplicadas, quando necessárias, são menores. Em solos onde os níveis de fósforo e potássio são altos e as possibilidades de respostas econômicas são baixas, as quantidades a serem aplicadas compensariam parte da retirada pelos grãos. Como orientação na tomada de decisão sobre a aplicação de fósforo e potássio, foi feita uma adaptação da recomendação de Cantarella & Duarte (1997), que é mostrada na Tabela 20.

**Tabela 24.** Sugestões para adubação do milho safrinha com fósforo e potássio.

Produtividade esperada	N (kg/ha)	Nível de Fósforo no solo				Nível de Potássio no solo			
		Muito baixo P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	Baixo	Médio	Alto	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto
2-3	30	50	30	10	0	40	30	20	0
3-4	30	60	40	20	10	50	40	30	10
4-6	30	*	60	40	30	*	50	40	20

\* É pouco provável que esse nível de produtividade seja atingido em solos com teores muito baixos de P e K.  
Fonte: Cantarella & Duarte, 1997.

## Adubação orgânica

### Introdução

O aproveitamento integral e racional de todos os recursos disponíveis dentro da propriedade rural, com a introdução de novos componentes tecnológicos, aumenta a estabilidade dos sistemas de produção existentes, bem como maximiza a eficiência dos mesmos, reduzindo custos e melhorando a produtividade. A associação dos diversos componentes em sistemas integrados, que preservem o meio ambiente, estabelece o princípio da reciclagem: "o resíduo de um passa a ser insumo de outro sistema produtivo".

Os sistemas agropecuários dão origem a vários tipos de resíduos orgânicos, os quais, corretamente manejados e utilizados, revertem-se em fornecedores de nutrientes para a produção de alimentos e melhoradores das condições físicas, químicas e biológicas do solo. Quando inadequadamente manuseados e tratados, constituem fonte de contaminação e agressão ao meio ambiente, especialmente quando direcionados para os mananciais hídricos. A produção econômica, tanto de grãos quanto de pastagens, pressupõe a oferta de nutrientes às plantas oriunda de uma fonte que não o solo, em quantidade e qualidade compatíveis com a obtenção da produtividade que se pretende. Essa fonte são os adubos químicos e orgânicos, que podem ser usados de maneira exclusiva ou associados. As culturas, especialmente as produtoras de grãos, após sua colheita, deixam uma grande quantidade de resíduos contendo nutrientes retirados do solo. As produções animais recebem seus alimentos através dos concentrados e das plantas cultivadas e nativas. Somente uma parte desses elementos contidos nos alimentos ingeridos pelos animais resulta em ganho de peso e crescimento, sendo a maior parte

eliminada através do esterco e da urina. A transformação dos resíduos em insumos agrícolas de baixo risco ambiental exige a adoção de adequados processos de manejo, tratamento, armazenamento e utilização.

O princípio da sustentabilidade dos processos se verifica na implantação dos sistemas de produção pecuários, cujos projetos e programas integram as construções e equipamentos de manejo dos animais, bem como a estrutura de armazenamento, manejo, tratamento e utilização dos resíduos gerados. As dietas, tanto para suínos e aves quanto para bovinos, são oriundas de sistemas de produção de grãos e forragens, exigindo cuidadoso balanceamento para um resultado técnico e econômico. Sabe-se que a alimentação representa a maior parte do custo final da produção.

## Produção de milho com a utilização de resíduos orgânicos

As alternativas de reciclagem de dejetos de suínos, aves e bovinos mais adotadas nas regiões de cerrado são as adubações para produção de grãos e forragens. O alcance da adequada reciclagem necessita do conhecimento do volume e da composição em nutrientes dos resíduos produzidos pelos diversos processos criatórios. O estabelecimento da estrutura de armazenamento e a subsequente estabilização dos resíduos de suínos baseia-se, para ciclo completo, em 150 a 170 litros/dia por fêmea no plantel. Para o núcleo de produção de leitões, o volume de dejetos é considerado de 35 a 40 litros/dia por matriz. Os criatórios somente com terminados geram normalmente de 13 a 15 litros/suíno/dia. A produção diária de esterco (fezes + urina) dos bovinos leiteiros é aproximadamente 10% de seu peso corporal, o que representa, na maioria dos casos, uma quantidade de 45 a 48 kg/vaca/dia. Já bovinos de corte confinados produzem em torno de 30 a 35 kg/cabeça/dia. Os sistemas de produção animal geram continuamente dejetos e estes, para serem utilizados como insumo adequado, necessitam de armazenamento e estabilização. Para efeito do estabelecimento da capacidade dessa estrutura, recomenda-se sempre a adoção da quantidade real de dejetos produzidos num período de 90 a 120 dias, acrescidos de 20% como margem de segurança. Uma das razões é a disponibilidade de área livre para a aplicação e outra a de efetuar estabilização natural anterior ao seu uso, aumentando, assim, a segurança ambiental. A locação dos depósitos em pontos estratégicos dentro das áreas de utilização minimiza o custo operacional do sistema de distribuição. A utilização dos dejetos como insumo pode ser feita de forma integral ou com separação de sólidos. A fertilização normalmente realiza-se de forma integral e a fertirrigação, de ambas as maneiras. O sólido deve sempre ser submetido ao processo compostagem, para evitar perdas e disponibilizar os nutrientes para culturas a serem desenvolvidas na propriedade. A compostagem é um processo de fermentação aeróbio que reduz a carga orgânica nociva dos resíduos sólidos. A eficiência da estabilização depende da relação entre o carbono e o nitrogênio (C:N) dos resíduos (1:25 a 1:30), bem como da umidade dos mesmos, que deve ser em torno de 55 a 60%.

## Composição

Uma lavoura de milho pode gerar entre 6 e 12 t ha<sup>-1</sup> de resíduos vegetais. As lavouras com maior produtividade de grãos certamente proporcionam quantidades maiores de resíduos do que as menos produtivas. Esses resíduos contêm quantidades apreciáveis de nutrientes que se encontram temporariamente imobilizados. A taxa de liberação para a cultura subsequente depende do manejo destes. Se incorporados ao solo, essa taxa se acelera; se mantidos sobre o solo, como cobertura morta para plantio direto, ela é retardada, observando-se que, quanto menos picada for, menor é a taxa de decomposição. Decorrente disso, em sistema de plantio direto há inicialmente maior demanda de nutrientes, especialmente de nitrogênio. Após estabelecido o sistema, a demanda decresce, pois a reciclagem entra em equilíbrio, quando, então, os nutrientes imobilizados são liberados às plantas. Em média, pode-se considerar que a palhada de milho imobiliza as quantidades de nutrientes mostrados na Tabela 21.

**Tabela 25.** Quantidade média de nutrientes imobilizados pela palhada de milho.

Palhada (t ha <sup>-1</sup> )	Nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
6 - 12	30 - 45	4 - 6	50 - 70	12 - 20	5 - 7

Fonte: Adaptado de resultados analíticos de diversas cultivares (Embrapa Milho e Sorgo).

Quando a cultura de milho é colhida para ensilagem, cortando-se as plantas a 0,40 m, a exportação de potássio pode ser reduzida em mais de 50%, em comparação ao corte próximo ao solo. Os resíduos culturais de milho compostados em mistura com dejetos animais proporcionam um adubo orgânico de alta qualidade.

A utilização dos resíduos depende do conhecimento de sua qualidade. A maioria dos sistemas de produção de suínos gera dejetos com o conteúdo de matéria seca variando de 1,7 a 3,5% e os de bovinos estabulados e/ou confinados varia de 5% a 16% (Tabela 22).

**Tabela 26.** Composição média dos esterco de suínos, bovinos e frangos.

Estercos	kg m <sup>-3</sup> ou tonelada				
	PH	MS %	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Suínos (líquido integral)	7,2 - 7,8	1,3 - 2,5	1,6 - 2,5	1,2 - 2,0	1,0 - 1,4
Suínos (líquido separado)	7,0 - 7,5	0,1 - 0,3	0,7 - 0,9	0,3 - 0,5	0,6 - 0,8
Bovinos (chorume)	7,0 - 7,5	10 - 15	1,5 - 2,5	0,6 - 1,5	1,5 - 3,0
Bovinos (fezes+urina)	6,8 - 7,5	12 - 15	4,5 - 6,0	2,1 - 2,6	2,8 - 4,5
Bovinos (sólido)	7,0 - 7,5	45 - 70	15 - 25	8 - 12	8 - 15
Aves (cama frango)	6,0 - 7,5	65 - 90	24 - 40	20 - 35	18 - 35

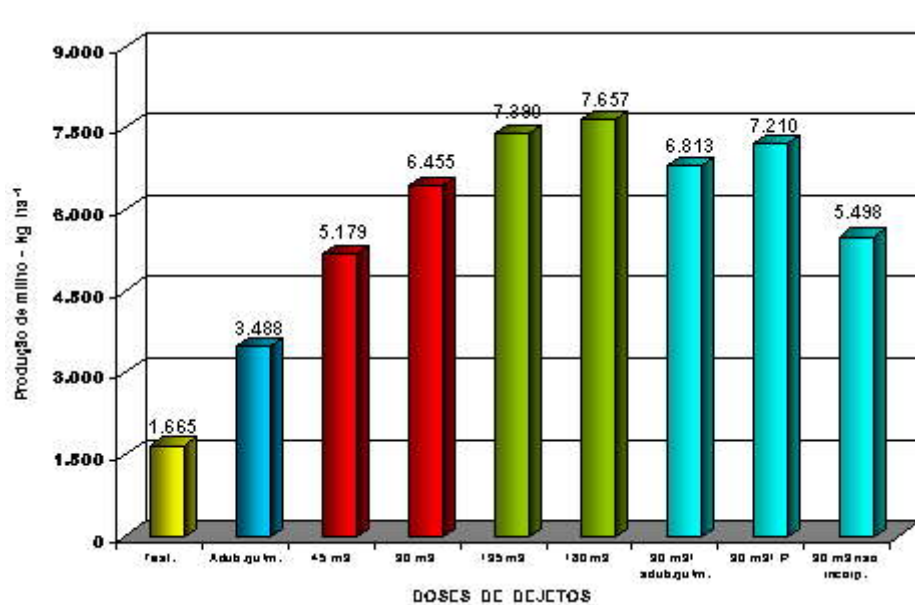
Fonte: Adaptado de KONZEN et al. (1997).

Esses conteúdos poderão variar, dependendo do sistema de higienização empregado e do desperdício dos comedouros e bebedouros. O conhecimento desses valores é a base para o cálculo da adubação que cada cultura exige, em função da produtividade pretendida.

Os dejetos, como fertilizante, podem ser aplicados no solo de maneira uniforme e/ou localizada, dependendo do tipo de equipamento envolvido e do sistema de plantio adotado. Os equipamentos mais utilizados são os tanques ou carretas tratorizados e sistemas de aspersão. Para os líquidos, os aspectos positivos da aspersão são a maior área possível de ser fertilizada com o mesmo equipamento, maior precisão nas doses estabelecidas e menor investimento em equipamentos por unidade de área e conseqüente menor custo da fertilização. A distribuição por aspersão é em torno de 50% menor que o da fertilização com tanque tratorizado. Este, por sua vez, traz grave inconveniente de compactar o solo, pelo intenso trânsito na hora da aplicação.

## Produção de milho com adubação orgânica

As pesquisas realizadas pela Embrapa Milho e Sorgo mostraram produtividades de 5.200 a 7.600 kg de milho por hectare, em plantio convencional, com o uso de doses crescentes de dejetos de suínos (45, 90, 135 e 180 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), em aplicação uniforme, exclusiva e combinada com adubação química, em solo de cerrado (Figura 15).

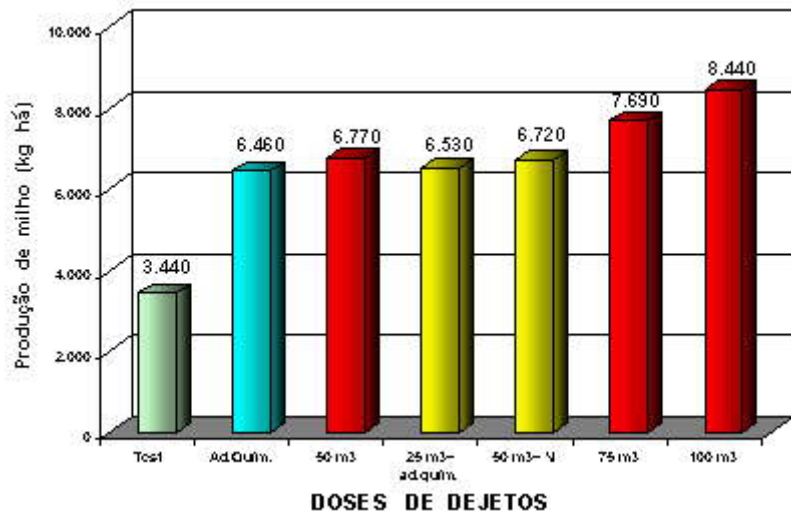


**Figura 15.** Produção de milho, em plantio convencional, obtida com o uso de doses crescentes de esterco líquido de suínos, em aplicação exclusiva e combinada com adubação química, em latossolo vermelho-amarelo (LV).

Fonte: KONZEN (2000).

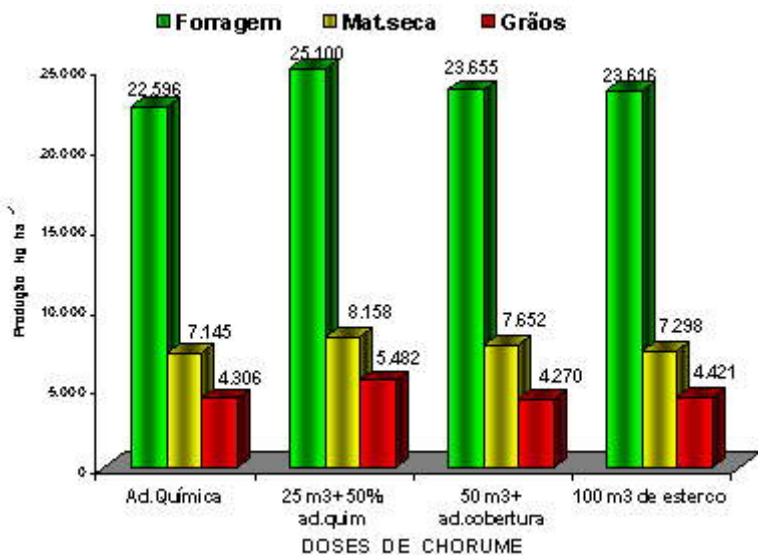
As doses de 45, 90 e 135 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, associadas a 30, 60 e 90 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio em cobertura, indicam efeito nulo em qualquer das doses aplicadas, o que evidencia a eficiência da adubação orgânica com dejetos de suínos, para produções de 7.000 a 8.000 kg ha<sup>-1</sup> de milho, em solo argiloso de cerrado. O efeito residual, mesmo com altas doses, é baixo, recomendando doses anuais de manutenção. O preparo do solo adubado com dejetos de suínos pode, inclusive, ser feito com 4 a 5 meses antecipados ao plantio (abril a outubro), possibilitando ao produtor distribuir melhor as suas atividades.

A produção de milho em sistema de plantio direto, adubado com dejetos de suínos, de maneira exclusiva e combinada, alcançou produtividades que variaram de 6.400 até 8.400 kg ha<sup>-1</sup>. A produtividade atingida com 50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, em aplicação exclusiva, foi 21% superior à obtida com adubação química. As doses de 75 e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> não propiciaram vantagem sobre a de 50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Figura 16).



**Figura 16.** Produção de milho em plantio direto com adubação de dejetos de suínos e adubação química. Embrapa/Fesurv/Perdigão, Rio Verde, GO. Fonte: KONZEN (2000).

A adubação com chorume de bovinos leiteiros na produção de milho forragem, matéria seca e grãos, desenvolvida pela Embrapa Milho e Sorgo, resultou em produção similar em todas as modalidades de adubação, tanto químicas quanto orgânicas (Figura 17).

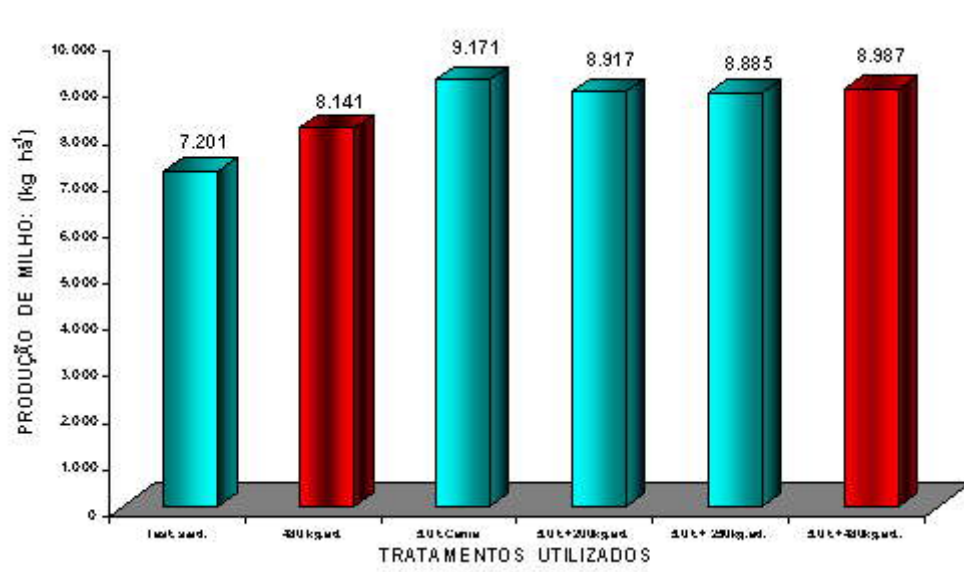


**Figura 17.** Produção de milho forragem, em plantio convencional, com o uso de doses de chorume de bovinos, exclusivas e associadas à adubação química.

Fonte: KONZEN (2000).

A utilização de dejetos de bovinos (chorume) proporcionou produtividade na ordem de 20% inferior à da de suínos, e a rentabilidade situou-se em torno de 45 a 50%.

Além dos esterco de suínos e bovinos, a cama de frango, proveniente dos criatórios de frangos de corte, serve como adubo orgânico para a cultura de milho. A produção de milho em plantio direto foi realizada em áreas demonstrativas conduzidas pela Embrapa Milho e Sorgo, em parceria com a Perdigão Agroindustrial, utilizando-se doses de 5 e 7,5 t ha<sup>-1</sup>, em aplicação exclusiva, e 5 t ha<sup>-1</sup>, combinadas com adubação química. As adubações foram realizadas em solo de cerrado corrigido, com plantio direto, durante oito anos (Figura 18).



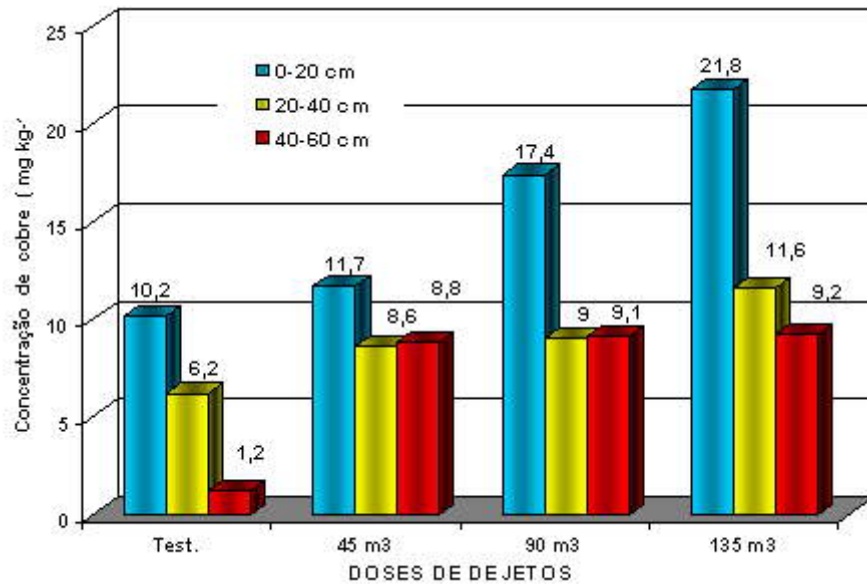
**Figura 18.** Produção de milho, em plantio direto, obtida com o uso de cama-de-frango, em aplicação exclusiva e combinada com adubação química, em latossolo vermelho de cerrado (LV). Embrapa/Fesurv/Perdigão, Rio Verde, GO.

Fonte: KONZEN (2004).

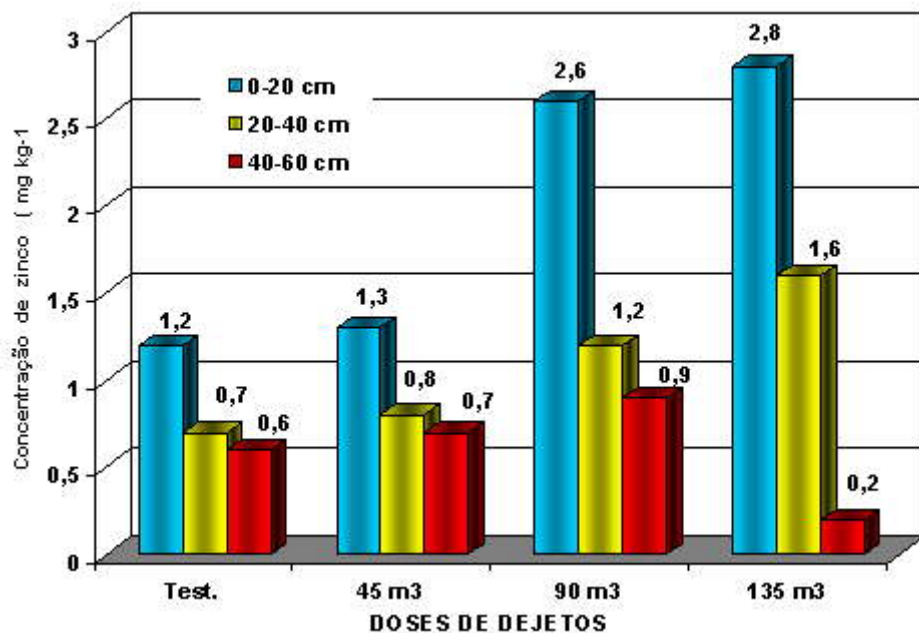
As produções mostradas comprovam que os esterco de suínos, aves e bovinos constituem fertilizantes eficientes na produção de milho, tanto para grãos quanto para forragem. Os sistemas de uso dos dejetos de suínos com doses crescentes exclusivas proporcionaram uma rentabilidade de 48% a 70%, sem contar com os efeitos benéficos que a adubação orgânica opera no solo.

## Movimentação de elementos no solo

O estudo de um perfil de solo de cerrado, onde se utilizou adubação orgânica de resíduos de suínos, 45, 90 e 135 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, durante três anos sucessivos, abrangendo as camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, mostrou algumas diferenças nas concentrações de fósforo e potássio, magnésio e cálcio, cobre e zinco. A matéria orgânica não teve variação com diversas doses aplicadas na mesma camada do solo. O comportamento do fósforo, do potássio, do magnésio e do cálcio foi similar em todos os tratamentos. A concentração do cobre e do zinco, entretanto, tendeu ao acúmulo nas camadas mais profundas, trazendo uma preocupação com relação à segurança ambiental (Figuras 19 e 20).



**Figura 19.** Teores de cobre no perfil de latossolo vermelho de cerrado, com três anos sucessivos de aplicação de dejetos de suínos.  
Fonte: KONZEN (2000).



**Figura 20.** Teores de zinco no perfil de latossolo vermelho de cerrado, com três anos sucessivos de aplicação de dejetos de suínos.  
Fonte: KONZEN (2000).

## Recomendações

- Os resíduos de suínos, bovinos e aves podem ser utilizados como fertilizantes eficientes e seguros na produção de milho, devendo sempre obedecer as doses de reposição dos nutrientes retirados pela cultura.
- As adubações orgânicas com resíduos devem sempre atentar para as doses econômicas, sendo as de suínos de 45 a 90 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> para plantio convencional e de 50 a 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> para plantio direto; de cama de aves é de 5 toneladas em plantio direto, e a de bovinos, de 25 e 50 m<sup>3</sup>, combinados com adubação química e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> exclusiva, em plantio convencional.

**Autores deste tópico:** Antonio Marcos Coelho, Alvaro Vilela de Resende, Flavia Cristina dos Santos

## Cultivares



## Introdução

A semente pode ser considerada um dos principais insumos e incorpora várias outras tecnologias. De modo geral, a cultivar é responsável por 50% do rendimento final. Conseqüentemente, a escolha correta da semente tem grande importância no sucesso da lavoura.

As cultivares de milho podem ser subdivididas em dois tipos principais: híbridos e variedades, sendo que os híbridos podem ser simples, triplos ou duplos. O híbrido simples é o resultado do cruzamento entre duas linhagens puras e é indicado para sistemas de produção que utilizam alta tecnologia, pois possui o maior potencial produtivo. São também os mais caros. O híbrido triplo é obtido a partir do cruzamento entre uma linha pura e um híbrido simples e é indicado para média a alta tecnologia, enquanto o híbrido duplo é o resultado do cruzamento entre dois híbridos simples, sendo indicado para média tecnologia.

Existem ainda no mercado os híbridos simples modificados (HSm) e os híbridos triplos modificados (HTm). Para obtenção de um HSm, é utilizado como progenitor feminino um híbrido entre duas linhagens irmãs e como progenitor masculino, uma outra linhagem não aparentada. No caso do HTm, o parental feminino é um híbrido simples e o parental masculino é um híbrido formado por duas linhagens afins. Outros tipos de híbridos encontrados no mercado, mas em menor proporção, são os híbridos intervarietais (HIV), que são o resultado do cruzamento entre duas variedades, e os híbridos Top-crosses, que são produzidos pelo cruzamento de uma linhagem com uma variedade.

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), haverá redução, dependendo do tipo do híbrido, de 15% a 40% na produtividade, perda de vigor e grande variação entre plantas.

Uma variedade de milho é um conjunto de plantas que apresentam certa variabilidade, mas com características genéticas comuns. Quando se considera a população, esse tipo de material é geneticamente estável e, por essa razão, com os devidos cuidados em sua multiplicação, as sementes podem ser reutilizadas por várias gerações em sucessivas safras, sem nenhuma perda de seu potencial produtivo.

As sementes das variedades melhoradas são de menor custo e de grande utilidade em regiões onde a utilização de milho híbrido torna-se inviável devido às condições econômico-sociais e de baixa tecnologia. As variedades são também muito importantes em sistemas de produção agroecológicos ou orgânicos. Embora estes sistemas de produção não restrinjam o uso de híbridos, a adoção de variedades permite ao produtor produzir sua própria semente a um preço bem menor e com menor utilização de recursos externos. A maioria das empresas produz apenas híbridos, sendo que algumas produzem apenas híbridos triplos e simples. As variedades são produzidas principalmente por empresas públicas e por empresas licenciadas a partir de cultivares obtidas por programas públicos de pesquisa. Nos últimos anos, tem-se verificado um crescente aumento da disponibilidade de híbridos simples no mercado, sendo que desde a safra 2011/12 esse tipo de cultivar já representa grande percentual das sementes disponíveis no mercado. Para safra 2014/2015 os híbridos triplos e simples somados representam 82,46% das sementes do cereal.

## Evolução da produção, área plantada e rendimento de milho nas principais regiões produtoras.

Na safra 2013/14, quase 88 % da produção concentrou-se no centro sul do país. A região Sul respondeu por 31,6% da produção, o Sudeste por 13,70% da produção e o Centro-Oeste por 42,64% da produção. Além da representatividade, a participação dessas regiões em área plantada e produção vêm se alterando ao longo dos anos, com a região Centro-Oeste aumentando a sua participação em detrimento das regiões Sul e Sudeste. Para ilustrar isso, considere o fato de que o Sul e o Sudeste em 2006/07 produziam, respectivamente, 44,5% e 20,2% do milho brasileiro. A partir da safra 2011/12 o

Centro-Oeste tomou a posição do Sul como maior região produtora de milho no país, e tem firmado essa posição nas safras posteriores. A partir da safra 2009/10 estas regiões já comessaram a utilizar algum tipo de milho com evento transgênico (Bt). Atualmente grande parte destas áreas plantam ao redor de 90% das sementes com mais de um evento transgênico Bt e RR.

O aumento da participação do Centro-Oeste na produção de milho no Brasil deve-se a segunda safra, pois no verão a cultura perdeu espaço na região, principalmente para a soja. As evoluções da produção de milho 1ª safra e 2ª safra, nas principais regiões produtoras e respectivos estados, são apresentadas nas Tabela 1, onde foram utilizados na safra 2013/14 aproximadamente 82,46% de híbridos simples e triplos com eventos transgênicos.

**Tabela 1.** Evolução da produção, área plantada e rendimento no período de 2006/07 a 2013/14.

Safra	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14
<b>Produção (1.000 t)</b>								
<b>Total</b>	51.369,9	58.652,3	51.003,8	56.018,1	57.406,9	72.979,5	81.505,7	78.554,0
<b>1ª Safra</b>	36.596	39.964	33.654	34.079	34.946	33.867	34.576	31.681
<b>2ª Safra</b>	14.773,0	18.688,1	17.349,0	21.938,8	22.460,3	39.112,7	46.928,9	46.872,6
<b>Área plantada (1.000 ha)</b>								
<b>Total</b>	14.054,9	14.765,7	14.171,8	12.993,9	13.806,1	15.178,1	15.829,3	15.769,1
<b>1ª Safra</b>	9.493,9	9.635,6	9.270,5	7.724,0	7.637,7	7.558,5	6.783,1	6.642,1
<b>2ª Safra</b>	4.561,0	5.130,1	4.901,3	5.269,9	6.168,4	7.619,6	9.046,2	9.127,0
<b>Rendimento (kg.ha-1)</b>								
<b>Total</b>	3.655	3.972	3.599	4.311	4.158	4.808	5.149	4.982
<b>1ª Safra</b>	3.855	4.148	3.630	4.412	4.576	4.481	5.097	4.770
<b>2ª Safra</b>	3.239	3.643	3.540	4.163	3.641	5.133	5.188	5.136

Fonte: CONAB.

Dentre 320 materiais do total de 478 citada anteriormente, 186 cultivares são comercializadas na versão convencional, que podem ainda ser também comercializada com algum evento transgênico. Mas as vesões normais ou convencionais, devem ser utilizadas preferencialmente como áreas de refúgio.

A utilização de milho transgênico resistente a insetos da ordem Lepidoptera (lagartas), o milho Bt, tem sido a principal estratégia de controle de lagartas empregada na cultura, sobretudo onde aquelas outras táticas de controle têm se mostrado ineficientes, como observado para a broca do colmo. As cultivares transgênicas hoje comercializados no Brasil não dispensam o tratamento de sementes, o qual continua sendo necessário para o controle de insetos sugadores e pragas subterrâneas. Além disto, o produtor que optar pelo plantio de cultivares transgênicas, no caso do Bt, deverá realizar o plantio de uma área de refúgio de 5 a 10%, da área total de milho plantada na propriedade, com milho não Bt. O refúgio deverá ser plantado, no máximo a 800 m da lavoura de milho e é recomendada pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), para reduzir a chance de seleção de raças de lagartas resistentes às toxinas do Bt. O produtor também deverá respeitar as regras de coexistência que se baseiam no direito de outros produtores vizinhos produzirem milho convencional livres de contaminação de milho com algum evento transgênico, via polinização ou mistura de grãos em lavouras vizinhas. O plantio de milho transgênico demanda o isolamento da lavoura de pelo menos 100 metros de distância da lavoura do milho não-transgênico

ou uma distância de 20 metros acrescida de uma bordadura de 10 linhas de milho convencional de porte e ciclo vegetativo similar ao milho geneticamente modificado. Com esse isolamento, o milho colhido na área convencional é considerado livre de qualquer evento transgênico.

## Cultivares transgênicas e não transgênicas disponibilizadas no mercado de sementes

De acordo com dados obtidos diretamente das empresas produtoras de sementes de milho, na safra 2014/15, estão sendo disponibilizadas 478 cultivares de milho (onze a mais do que na safra anterior), sendo 292 cultivares transgênicas e 186 cultivares convencionais.

A dinâmica de renovação das cultivares foi mantida, sendo que 97 novas cultivares (76 transgênicas e 21 convencionais) foram acrescentadas e 86 (37 transgênicas e 49 convencionais) cultivares deixaram de ser comercializadas.

Dentre as cultivares acrescentadas ao mercado, 37 apresentam de fato genética nova, sendo 25 híbridos simples, 3 híbridos simples modificado, 7 híbridos triplos e 2 híbridos duplos.

Uma cultivar pode ser comercializada tanto na forma convencional como com várias versões transgênicas. Por outro lado, existem cultivares comercializadas apenas com algum evento transgênico (não apresentando a versão convencional). Desta forma, dentre as 478 opções de mercado, 320 são de fato materiais genéticos diferentes e os demais 158 são variações de eventos transgênicos. Destes 320 materiais, 186 cultivares são comercializadas na versão convencional, que podem ainda ser também comercializada com algum evento transgênico. Outras 134 cultivares são comercializados apenas nas versões transgênicas, não possuindo opções convencionais.

Analisando apenas estas 320 cultivares (genéticas diferentes), verifica-se um predomínio de híbridos simples, modificados ou não (59,06%). Os híbridos triplos, modificados ou não (18,75%), híbridos duplos (11,25%) e as variedades, híbridos intervarietais e "Top Cross" (10,94%) completam as opções de mercado.

As cultivares precoces são dominantes (66,25%), seguidas pelos hiper e superprecoces (24,37%). Os semiprecoces e normais representam apenas 9,38% das opções de mercado. Dentre as cultivares superprecoces e precoces, há um predomínio de híbridos simples e triplos (88,46% e 79,71%, respectivamente). Por outro lado, dentre as cultivares semiprecoces ou de ciclo normal, há um predomínio dos híbridos duplos e variedades (63,34%), comparadas com os híbridos simples (26,66%) e híbridos triplos (10,00%).

Além de cultivares direcionadas para a produção de grãos, há indicação de cultivares para produção de silagem de planta inteira, silagem de grãos úmidos e produção de milho verde. As características descritas nas Tabelas 1 e 2 são mais adequadas para cultivares de milho para a produção de grãos e de silagem. Para as cultivares de milho de uso especiais, como canjica, pipoca, doce e para a indústria de amido, o agricultor deverá verificar outras características importantes, de acordo com as exigências do consumidor ou da indústria processadora.

Dentre as cultivares transgênicas, há uma predominância de híbridos simples (82,87%). Até a safra 2012/13 as cultivares transgênicas eram todas híbridos simples ou triplos. Atualmente, também estão sendo comercializados **dois híbridos duplos transgênicos**, o que aumenta o leque de escolha para agricultores com menor capacidade de investimento.

Estão sendo oferecidos no mercado para a safra 2014/15, 292 cultivares de milho, resistente a insetos da ordem lepidóptera e/ou com resistência a herbicidas,

sendo:

**Setenta e cinco** cultivares com a marca VT PRO®, (milho geneticamente modificado resistente a insetos da ordem lepidóptera ( MON89034)). As cultivares apresentam a terminação PRO.

**Cinquenta e oito** cultivares com a marca Herculex I ® (milho geneticamente modificado resistente a insetos da ordem lepidóptera (TC 1507 : Bt Cry1F 1507)). As cultivares apresentam as terminações H, HX ou Hx.

**Vinte** cultivares com a marca YieldGard® (milho geneticamente modificado resistente a insetos da ordem lepidóptera (MON 810: Milho Guardian)). As cultivares apresentam as terminações Y, YG, TP ou Bt.

**Sete** cultivares com a marca Agrisure TL ® (milho geneticamente modificado resistente a insetos da ordem lepidóptera (Bt11)). As cultivares apresentam a terminação TL.

**Sete** cultivares com a marca TL Viptera® (milho geneticamente modificado resistente a insetos da ordem lepidóptera ( MIR162)). As cultivares apresentam a terminação Viptera.

Existem, no mercado, **dois** eventos transgênicos que conferem resistência ao herbicida glifosato aplicado em pós-emergência: o NK603, marca Roundup Ready®, e o GA 21 –TG. Além disto, existe a tecnologia Liberty Link® de tolerância a herbicidas formulados com Glufosinato de Amônio, presente nos milhos Herculex® I.

O evento GA 21 –TG só é comercializado estaqueado com outro evento. Existem **quatro** cultivares com os eventos Bt11, MIR162 e GA21 (milho geneticamente modificado resistente a insetos da ordem lepidóptera e tolerante ao herbicida glifosato (Milho Bt11 x MIR162 x GA21)). As cultivares apresentam a terminação Viptera 3.

Existem **20** cultivares que apresentam resistência ao herbicida glifosato aplicado em pós-emergência: o NK603, marca Roundup Ready® (NK603: milho geneticamente modificado tolerante ao herbicida glifosato, milho Roundup Ready 2). As cultivares apresentam as terminações R ou RR2.

Na safra 2012/13 havia 38 cultivares transgênicas para, simultaneamente, o controle de lagartas e com resistência aos herbicida glifosato e ou glufosinato de amônio aplicados em pós-emergência do milho. Este número passou para 65 na safra 2013/14 e na safra atual (2014/15) são 101:

**Trinta e três** cultivares com a tecnologia Powercore™ (PW) marcas VT PRO®, Herculex I ® e Roundup Ready® (milho geneticamente modificado resistente a insetos da ordem lepidóptera e tolerante aos herbicidas glifosato e glufosinato de amônio (Milho MON89034 x TC1507 x NK603)). As cultivares apresentam as terminações PROX ou PW.

**Trinta e oito** cultivares com as marcas VT PRO® e Roundup Ready® (milho geneticamente modificado resistente a insetos da ordem lepidóptera e tolerante ao herbicida glifosato (Milho MON89034 x NK603)). As cultivares apresentam a terminação PRO2.

**Sete** cultivares do milho YieldGard VT PRO 3 que combina características de resistência a pragas aéreas e de raiz, além de ser tolerante ao herbicida glifosato (milho geneticamente modificado resistente a insetos da ordem lepidóptera e tolerante ao herbicida glifosato (Milho MON89034 x MON88017)). As cultivares apresentam a terminação PRO3.

**Treze** cultivares com as marcas Herculex I ® e Roundup Ready® (milho geneticamente modificado resistente a insetos da ordem lepidóptera e tolerante ao herbicida glifosato (Milho TC1507 x NK603)). As cultivares apresentam as terminações HR, HXRR2.

**Oito** cultivares com a marca Optimum™ Intrasect™ (Herculex I ® estaqueado com o YieldGard®, milho geneticamente modificado resistente a insetos da ordem lepidóptera e tolerante ao herbicida glufosinato de amônio (Milho TC1507 x MON 810)). As cultivares apresentam a terminação YH.

**Duas** cultivares com as marcas Herculex I ®, YieldGard® e Roundup Ready® (milho geneticamente modificado resistente a insetos da ordem lepidóptera e tolerante aos herbicidas glufosinato de amônio e glifosato (Milho TC1507 x MON810 x NK603)). As cultivares apresentam a terminação YHR.

A relação das cultivares transgênicas e não transgênicas no mercado para safra 2014/15 com suas principais características, recomendações e, informações sobre o comportamento das cultivares com relação às principais doenças estão listadas nas Tabelas 1 e 2 (<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/116100/1/doc167.pdf>) na série Documentos postado no site da Embrapa Milho e Sorgo ([www.cnpms.embrapa.br](http://www.cnpms.embrapa.br))

## Escolha da semente

O rendimento de uma lavoura de milho é resultado do potencial genético da cultivar, das condições edafoclimáticas da região e do manejo da lavoura. Conseqüentemente, a escolha correta da semente pode ser um dos principais fatores condicionantes do sucesso ou insucesso da lavoura. Aspectos relacionados às características da cultivar e do sistema de produção deverão ser levados em consideração, para que a lavoura se torne mais competitiva.

Os aspectos a serem considerados são os seguintes:

- i. Objetivo da produção - além do produção de grãos, o milho pode ser produzido para a produção de silagem (de planta inteira ou silagem de grãos úmidos); para o consumo verde: milho-verde, etc.
- ii. Adaptação às condições edafoclimáticas de cada região - atualmente o zoneamento agroclimático indica as cultivares recomendadas para cada estado, tanto no plantio da safra como na safrinha.
- iii. Estabilidade e potencial de rendimento de grãos.
- iv. Resistência às principais doenças que ocorrem na região.
- v. Nível de tecnologia disponível para a cultivar a ser utilizada;
- vi. Ciclo adequado aos diferentes sistemas de produção.
- vii. Aceitação comercial do tipo de grão pelo mercado consumidor, principalmente quanto à cor e à textura do grão.

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. Sempre que possível é recomendável o plantio de duas ou mais cultivares que combinem um balanço de características, de modo a promover a redução de riscos.

## Objetivo da produção

Nem sempre as características de uma cultivar para a produção de silagem são as mesmas de uma cultivar para a produção de grãos. Cerca de 55 a 65% da matéria seca de uma silagem é formada pela fração da planta (folhas e colmo), assim torna-se necessário o conhecimento dos valores médios das fibras da cultivar que interferem diretamente no consumo e digestibilidade da silagem e no desempenho dos animais. Para isto, torna-se necessário que o produtor crie o hábito de fazer análises bromatológicas da silagem para conhecimento e compor dietas mais econômicas, eficientes e adequadas à genética animal. Além disso, o milho ideal para silagem tem que reunir características importantes para este segmento, tais como: estabilidade de produção em diversas épocas e nas diferentes condições de plantio e de altitude; sanidade foliar às principais doenças como ferrugens, enfezamentos, phaeospharia e cercospora; ciclo prolongado de enchimento de grãos, ampliando o período de colheita (facilitando o processo na época da ensilagem); resistência ao acamamento; e porte médio a alto com alta produtividade de grãos, porque é dos grãos que sai a maior parte da energia digestível. Três pontos são importantes na escolha de uma cultivar para a produção de silagem: a grande quantidade de massa verde produzida, uma alta porcentagem de grãos na forragem e boa digestibilidade da parte fibrosa das plantas. Essa última característica é difícil para o produtor saber sem um histórico de análises bromatológicas. Para as outras duas, basta o produtor escolher, dentre os híbridos que mais produzem grãos em sua região, aqueles de maior altura e com maior quantidade de folhas, valorizando o volume de massa seca por hectare.

## Adaptação à região

De fato, um dos primeiros aspectos a serem considerados na escolha da cultivar é sua adaptação à região. Entretanto, esse aspecto é minimizado, pois, normalmente, as empresas de sementes já direcionam a venda de suas cultivares de acordo com as suas regiões de adaptação, das principais doenças que ocorrem na região, do sistema de produção predominante, das exigências do mercado e do perfil dos agricultores. O problema é quando o agricultor adquire sua semente em locais diferentes daquele onde será implantada a lavoura.

## Estabilidade e produtividade

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, têm menor oscilação de produção, respondendo à melhoria do ambiente (anos mais favoráveis) e não tendo grandes quedas de produção nos anos mais desfavoráveis.

## Tipo de cultivar

Sementes de variedades melhoradas são de menor custo que sementes de híbridos e, com os devidos cuidados na multiplicação, podem ser reutilizadas por alguns anos, sem diminuição substancial da produtividade. As variedades são, ainda, de grande utilidade em regiões onde a utilização de sementes de milho híbrido torna-se inviável devido às condições econômico-sociais mais precárias e, conseqüente, uso de baixa tecnologia na cultura do milho. O preço da semente variedade é variável em função da demanda e oferta. No segmento da agricultura familiar e em sistemas de produção orgânica, as variedades são amplamente utilizadas e recomendadas.

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, devido à perda de vigor e à grande variabilidade 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, e apresentados em saco com 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 de plantas e de espigas que os simples e triplos. O custo da semente dos duplos é mais baixo que o preço da semente dos simples e triplos.

## Resistência ou tolerância às principais 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 vista no link a seguir ([tabela 2 de cultivares 2014/2015](#)), para evitar redução de produtividade. A sanidade dos grãos também deve merecer atenção na escolha da cultivar. Essa característica é função da quantidade de inóculo, da resistência genética da cultivar aos fungos que atacam o grão, sendo, normalmente, associada a um bom empalhamento, mas é também dependente das condições climáticas nos estágios de desenvolvimento e secagem dos grãos no campo. 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.

## Ciclo

Com relação ao ciclo, as cultivares são classificadas em normais, semiprecoces, precoces e superprecoces. Algumas cultivares são classificadas, pela empresa produtora, como hiperprecoces. No mercado, há ampla predominância de cultivares precoces (66,25%) que são as mais plantadas tanto na safra como na safrinha. Veja os percentuais de todos os ciclos utilizados na Figura 1, supracitada.

As cultivares hiperprecoces ou superprecoces representam cerca de 24% do mercado. Estas cultivares são, geralmente, preferidas em plantios tardios de safrinha nos estados mais ao sul, para escapar de estresses climáticos como geada; em algumas regiões do Nordeste onde o período chuvoso é reduzido e concentrado e em agricultura irrigada, quando há necessidade em liberar a área para o plantio de uma outra cultura.

Esta classificação quanto ao ciclo não é muito precisa. Provavelmente, por esta razão, para efeito de zoneamento agrícola de risco climático, houve uma grande mudança para a safra 2009/10. Para efeito de simulação, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento classifica as cultivares em três grupos de características homogêneas: Grupo I (n < 110 dias); Grupo II (n maior ou igual a 110 dias e menor ou igual a 145 dias); e Grupo III (n > 145 dias), onde n expressa o número de dias da emergência à maturação fisiológica.

## Qualidade do colmo e raiz

Com o aumento do nível tecnológico na cultura do milho, um dos fatores 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.

## Textura e coloração dos grãos

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"); ou 2 - grão duro ou cristalino ("flint").

Para milhos do tipo dentado ("dent"), os grãos de amido são densamente arranjados nas laterais dos grãos, formando um cilindro aberto que envolve parcialmente o embrião, enquanto 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.

Para milhos do tipo 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 embrião. A textura dura é devida ao denso arranjo dos grãos de amido com proteína.

Existem, ainda, os grãos semiduros (SMDURO) e os semidentados (SMDENTADO), 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 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.

Verifica-se no mercado uma predominância de grãos semiduros (em torno de 58%), duros (em torno de 16%), seidentes (17%) e dentado ao redor de 7%. Os materiais dentados são minoria e, geralmente, são utilizados para a produção de milho-verde ou produção de silagem.

Com relação à cor do grãos, verifica-se uma predominância no mercado, de cultivares de grãos alaranjados - AL (45,9%). Grãos de coloração amarelo-alaranjado - AM/AL representam 22,2% das opções; os amarelados - AM apresentam 16,1%; e os de coloração laranja - LR ficam com 7,3%. Existem ainda cinco cultivares de cor de grãos branca.

Além desses aspectos relatados acima, as cultivares também se diferenciam em outras características morfofisiológicas, 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 estas outras características também devem ser consideradas na escolha da cultivar.

## Considerações gerais



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

**Autores deste tópico:**Israel Alexandre Pereira Filho,Jason de Oliveira Duarte,Joao Carlos Garcia,Jose Carlos Cruz

## Plantio

Dentre os cereais cultivados no Brasil, o milho é o mais expressivo, com cerca de 75,455 milhões de toneladas de grãos produzidos em uma área de aproximadamente 15,466 milhões de hectares (Conab, 2014) 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 17ton/ha 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 esta por volta de cerca de 4.864 kg ha<sup>-1</sup>, ainda considerado baixo pelo potencial produtivo da cultura, demonstrando que o manejo cultural do milho deve ser ainda bastante aprimorado para se obter aumento na produtividade e na rentabilidade que a cultura pode proporcionar.

O plantio de uma lavoura deve ser muito bem planejado, pois determina o inicio de um processo de cerca de 120 a 130 dias que afetará todas as operações envolvidas, além de determinar as possibilidades de sucesso ou insucesso da lavoura. É por ocasião do plantio que se define o espaçamento entre linhas e a densidade de plantio para garantir uma boa produtividade. Esta característica não é tão importante em outras culturas com grande capacidade de perfilhamento, como arroz, trigo, aveia, sorgo e outras gramíneas, ou de maior habilidade de produção de floradas, como feijão e soja. Isto faz com que o agricultor tenha especial atenção especial com plantio, de forma a assegurar um plantio com maiores chances de alcançar maiores produtividade e rentabilidade.

Neste contexto, a escolha e o cuidado com as plantadoras representam um importante elemento dentro do processo de produção, uma vez que afetam a distribuição e a localização do adubo, a distribuição de sementes nas fileiras e a profundidade de plantio, o espaçamento entre fileiras, determinando a qualidade do plantio e seu efeito sobre as operações subseqüentes e a produtividade da lavoura.

O milho também desempenha importante papel em sistema de plantio direto e nos últimos anos tem também se destacado na integração lavoura-pecuária devido às inúmeras aplicações que este cereal tem dentro da propriedade agrícola, quer seja na alimentação animal na forma de grãos ou de forragem verde ou conservada, na alimentação humana ou na geração de receita mediante a comercialização da produção excedente. Outro ponto importante são as vantagens comparativas do milho em relação a outros cereais ou fibras no que diz respeito ao consórcio dele com forrageiras.

## Introdução

O cultivo do milho no Brasil é bastante expressivo, não só pelo volume de grãos produzidos,mas também pela área plantada que chega ao redor de 15 milhões de hectare referentes a duas safras, normal e safrinha. Por suas características fisiológicas a cultura do milho tem alto potencial produtivo, já tendo obtida no Brasil produtividade superior a 17t ha<sup>-1</sup>, em áreas de cooperativas no Rio Grande do Sul, por órgãos de assistência técnica e extensão rural e por empresas produtoras de semente. No entanto, o nível da média nacional de produtividade é muito baixo, cerca de 5.500 kg ha<sup>-1</sup>

demonstrando que os diferentes sistemas de produção de milho devem ser mais aprimorados para se obter altas produtividades rentáveis e com sustentabilidade.

## Condições climáticas

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

## 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 periódicas influenciam nos 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. As temperaturas ideais do solo para a cultura de milho estariam entre 25 e 30 °C, sendo que temperaturas do solo inferiores a 10 °C ou superiores a 40 °C ocasionam prejuízo sensível à germinação. Por ocasião da floração, temperaturas médias superiores a 26 °C aceleram o desenvolvimento dessa fase, e as inferiores a 15,5°C o retardam. Cada grau acima da temperatura média de 21,1 °C nos primeiros 60 dias após a semeadura pode acelerar o florescimento entre dois e três dias. Quando a temperatura é superior a 35 °C ocorre diminuição da atividade da enzima redutase do nitrato, podendo alterar o rendimento e a composição proteica dos grãos. Durante a polinização, temperaturas acima de 33 °C reduzem sensivelmente a germinação do grão de pólen. Verões com temperatura média diária inferior a 19 °C, e noites com temperatura média inferior a 12,8 °C não são recomendados para a produção de milho. Por outro lado, temperaturas noturnas superiores a 24 °C proporcionam um aumento da respiração, ocasionando uma diminuição da taxa de fotossíntese e uma consequente redução da produção, além de provocar senescência precoce das folhas. Temperaturas inferiores a 15 °C retardam a maturação dos grãos.

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 se deve 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 (U.C.) 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 pelas empresas produtoras de sementes em normais ou tardias, semiprecoces, precoces e superprecoces. As cultivares normais apresentam exigências térmicas correspondentes a 890-1200 graus-dia (G.D.), as precoces, de 831 a 890, e as superprecoces, de 780 a 830 G.D. Essas exigências calóricas se referem ao cumprimento das fases fenológicas compreendidas entre a emergência e o início da polinização.

De acordo com o Zoneamento Agrícola para a cultura de milho, as cultivares eram classificadas, em função do ciclo, em três grupos:

Grupo I - necessita até 780 U.C. (precoce).

Grupo II - necessita entre 780 e 860 U.C. (ciclo médio).

Grupo III - necessita mais que 860 U.C. (ciclo tardio).

A partir da safra 2009/10, para efeito de simulação, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento classifica as cultivares em três grupos de características homogêneas: Grupo I ( $n < 110$  dias); Grupo II ( $n = 110$  dias e  $= 145$  dias); e Grupo III ( $n > 145$  dias), onde "n" expressa o número de dias da emergência à maturação fisiológica.

## Altitude

A altitude tem um efeito direto na temperatura, tanto diurna como noturna, afetando tanto a fotossíntese como a respiração. Para as condições brasileiras, o milho plantado em maiores altitudes apresenta maior número de dias para atingir o pendoamento, aumentando o ciclo e apresentando maior rendimento de grãos. Aumentando o período de enchimento de grãos, conseqüentemente aumentará a produtividade, em temperaturas máximas menores e mais próximas da temperatura ótima. E menores temperaturas noturnas reduzem a taxa de respiração, o que resultará na redução do ponto de compensação (ponto em que a fotossíntese e a respiração são idênticas), o que também implica no aumento da produtividade. Uma análise sobre avaliação de cultivares em diferentes regiões do Brasil mostrou que os ensaios plantados em regiões com altitude superior a 700 m apresentaram maior rendimento (7.429 kg/ha) e florescimento masculino de 65 dias, comparados com os ensaios plantados em altitudes abaixo de 700 m, que apresentaram rendimento de 6.473 kg/ha e florescimento masculino de 65 dias.

## 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 5.000 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. 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 10 mm/dia.

A ocorrência de déficit hídrico na cultura do milho pode ocasionar danos em todas as fases. Na fase do crescimento vegetativo, o dano se verifica pelo menor alongamento celular e pela redução da massa vegetativa, com diminuição na taxa fotossintética. Após o déficit hídrico, a produção de grãos também é afetada diretamente, pois com menor massa vegetativa a planta possui menor capacidade fotossintética. Na fase do florescimento, a ocorrência de dessecação dos estilos-estigmas (aumento do grau de protandria), de aborto dos sacos embrionários, de distúrbios na meiose, de aborto das espiguetas e de 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.

## 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.

## 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<sub>2</sub> pelo processo fotossintético. O milho é uma planta do grupo C<sub>4</sub>, 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 intensificar o processo fotossintético.

## Época de semeadura

Embora não tenha custo adicional, o plantio de milho feito na época correta afeta diretamente a produção e a produtividade da lavoura e, conseqüentemente, o lucro do agricultor. O atraso no plantio dificulta também diversas operações agrícolas, como o controle de pragas e plantas daninhas, além de aumentar a ocorrência e a severidade de doenças, e é apontado como um dos principais fatores responsáveis pela baixa produtividade, principalmente do pequeno e médio produtor.

O período de crescimento e desenvolvimento é afetado pela umidade do solo, pela temperatura, pela radiação solar e pelo fotoperíodo. A época de plantio é em função destes 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 foram maiores e mais estáveis foram aquelas em que os estádios de desenvolvimento de quatro folhas totalmente desenvolvidas e

de floração ocorreram sob boas condições de água no solo. Nas condições tropicais, devido a 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 do Sudeste, a época de semeadura na safra varia de outubro a novembro. Resultados de pesquisa mostram que atraso na época de plantio além dos meses de setembro - outubro resultam 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 kg/ha/dia. Essa tendência pode ser revertida se não houver déficit hídrico e ocorrer uma redução na temperatura do ar, nos meses de fevereiro - março.

Comparando as épocas de plantio das lavouras com produtividades superiores a 8.000 kg ha<sup>-1</sup>, pesquisadores da Embrapa Milho e Sorgo verificaram que na região sul do Brasil, no Rio Grande do Sul, lavouras obtiveram maiores rendimentos com o plantio mais cedo. Cerca de 90% da área é plantada nos meses de agosto e setembro. Em Santa Catarina, 80% dos plantios são realizados também nos meses de agosto e setembro. Esses resultados caracterizam-se pelo fato de serem locais com clima característico de regiões subtropicais. No Estado do Paraná, os resultados observados mostram que a época de plantio das lavouras de maiores rendimentos se concentra nos meses de setembro e outubro.

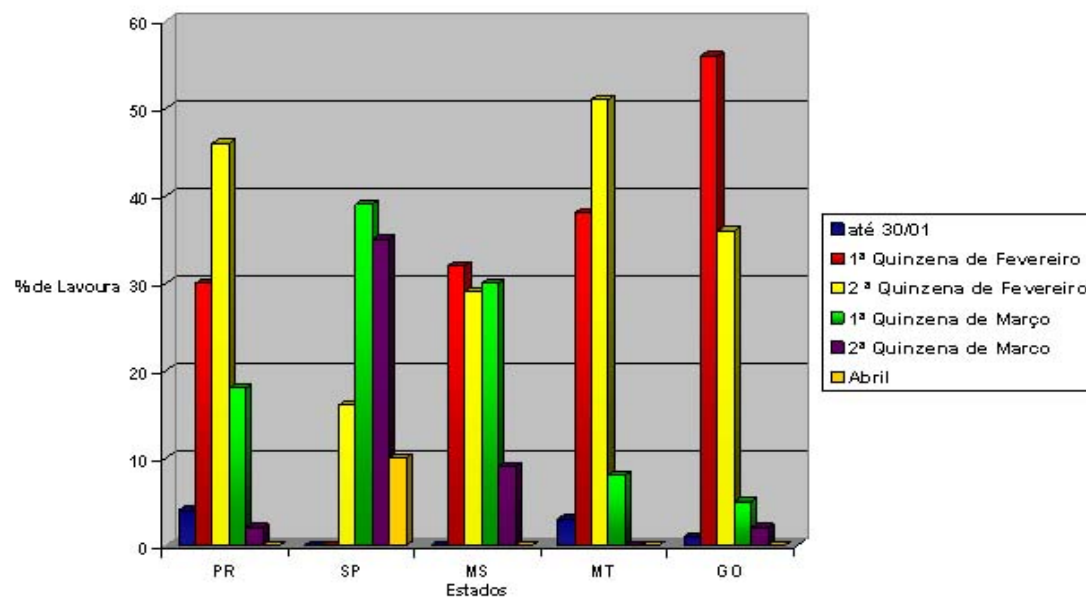
Na região Sudeste, as épocas de plantio das lavouras de milho de alta produtividade concentram-se nos meses de outubro e novembro, chegando a cerca de 80% das lavouras com produtividade acima de 8.000 kg ha<sup>-1</sup>. O mesmo ocorre nos estados da região Centro-Oeste, onde as melhores lavouras de milho são plantadas, principalmente, nos meses de outubro e novembro. Já para os estados da região Nordeste, para as lavouras de alta produtividade na Bahia e no Piauí, principalmente, a época de plantio concentra-se no final do mês de novembro e principalmente no mês de dezembro. Na região Norte do país, lavouras com alta produtividade (acima de 8 mil kg/ha) foram registradas apenas no Estado do Pará, sendo que em 70% das lavouras de alta produtividade, a época de plantio neste estado ocorreu em janeiro. Com a análise dos levantamentos, pode-se concluir que as diferenças edafoclimáticas de cada região influenciam muito na tomada de decisão da época de plantio da cultura de milho, na safra normal.

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.

Uma análise por estado mostrou que nos estados do PR e do MS as maiores frequências de altos rendimentos de milho safrinha foram obtidas em plantio entre a primeira quinzena de fevereiro e a primeira quinzena de março. Em MT e GO as maiores frequências de altos rendimentos são obtidos no mês de fevereiro, sendo que em GO se concentram mais na primeira quinzena enquanto em MT se concentram na segunda quinzena. No Estado de São Paulo, a época de plantio de maiores quantidades de lavouras de milho estende-se até o mês de abril (Figura 1).

Hoje, com os avanços nos trabalhos na área de climatologia, o Brasil já tem um Zoneamento Agrícola para o milho, elaborado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, que fornece informações sobre as épocas de plantio, 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 subsequentes, como mostrado na Tabela 1. Além disto, o potencial produtivo pode variar de acordo com as condições climáticas resultantes da época de plantio.



**Figura 1.** Distribuição percentual, por estado, das lavouras de altas produtividades de milho safrinha em diferentes épocas de plantio (amostragem de 1.024 lavouras).  
Fonte: CRUZ et al. (2010).

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 em função da competição interespecífica pode também ter contribuído para o baixo rendimento de grãos.

**Tabela 1.** Variação do ciclo da cultura de milho em função da época de plantio, para a produção de milho-verde, no Rio Grande do Sul.

Época de semeadura	Normal	Precoce	Superprecoce
05 de fevereiro	124	117	108
05 de março	134	129	127
06 de abril	145	140	138
05 de maio	139	138	137
08 de junho	138	133	131
09 de julho	146	134	125
12 de agosto	124	119	118
08 de setembro	125	118	115
07 de outubro	115	112	106

08 de novembro	116	112	107
09 de dezembro	115	115	112

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

## Profundidade da sementeira

A profundidade de sementeira está condicionada aos fatores temperatura do solo, umidade e tipo de solo. A semente deve ser colocada em uma profundidade que possibilite um bom contato com a umidade do solo. Entretanto, a maior ou menor profundidade de sementeira vai depender do tipo de solo. Naqueles mais pesados (argilosos), 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 pode retardar a emergência, reduzir 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 2 mostra o efeito da profundidade de sementeira sobre a emergência, o vigor e a duração do período de emergência na cultura do milho.

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

**Tabela 2.** Porcentagem de emergência, vigor e duração do período de germinação de sementes de milho em diferentes profundidades.

Profundidade (cm)	Emergência (%)	Vigor <sup>1</sup>	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

<sup>1</sup>vigor aos 22 dias após a sementeira. Notas: 3.0 para o máximo vigor a zero para mínimo vigor.

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

## 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 recomendada para maximizar o rendimento de grãos de milho varia de 40.000 a 80.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, dependendo da disponibilidade hídrica, da fertilidade do solo, 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 intraespecífica 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 peso médio 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 estas razões, às vezes, deixa-se de recomendar densidades maiores, que embora em condições experimentais apresentem 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. A velocidade de semeadura deve se basear no conhecimento do produtor sobre as condições de operação do equipamento, as condições do solo e as características da plantadeira, e deve ser definida, visando a uniformidade na produtividade e na distribuição da semente.

A densidade de plantio e a distribuição de sementes são também afetadas pela velocidade de plantio. Para plantadeiras a disco recomenda-se velocidades não superiores a 5 Km/h. Estudos apontam perdas de produtividade de até 11% ao aumentar a velocidade de 5 para 10 Km/h em plantadeiras a disco (Tabela 3). Plantadeiras a dedo ou a vácuo podem realizar operações de semeadura com velocidade de até 10 Km/h, desde que as condições de topografia do terreno, umidade e textura do solo permitam a operação nesta velocidade (é importante consultar o fabricante). De um modo geral, não se recomenda a semeadura em velocidades superiores a 7 Km/h quando se utilizar essas plantadeiras. Aconselha-se que se faça um teste antes da semeadura, operando a plantadeira em diferentes velocidades para, então se escolher a melhor opção, tendo em vista principalmente a uniformidade da profundidade das sementes.

Velocidades acima do recomendado aumentam o número de falhas e duplas e prejudicam a uniformidade da profundidade das sementes. Esses dois fatores reduzem a população de plantas e aumentam o número de plantas dominadas, prejudicando dois dos principais componentes do rendimento: o número de espigas por área e o número de grãos por espiga.

**Tabela 3.** Média de populações alcançadas com diferentes velocidades de plantio (média de 7 anos e 61 locais).

Velocidade de plantio (km h <sup>-1</sup> )		
5,0	7,5	10,0



Densidade desejada		55.000 plantas ha <sup>-1</sup>	
Densidade na colheita (plantas ha <sup>-1</sup> )	52.612	51.131	46.821
% em relação à densidade desejada	95,7	93,0	85,1
Dif. de densidade plantas ha <sup>-1</sup> para 5 km/h	0	-1.481	-5.791
Perdas em % em relação à velocidade de 5 km/h	0	2,8	11,0
Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	9.327	8.589	8.203
Diferença em (kg ha <sup>-1</sup> )	0	738	1.124

Fonte: Pioneer Sementes, 2004.

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 desta 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 cerca de 489 cultivares de milho comercializadas na safra 2011/12 mostra que as variedades são indicadas para plantios com densidades variando de 40.000 a 55.000 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 frequentemente recomendadas para os híbridos duplos variam de 50 a 60 mil plantas por ha, havendo casos de recomendação até de 70 mil plantas por ha. Para os híbridos triplos e simples, é frequente a densidade de 55 a 70 mil plantas por ha, havendo casos de recomendação de até 80 mil plantas por ha, principalmente entre os híbridos simples. Deve ser ressaltado que na safra 2009/10 apenas 23 cultivares eram recomendadas com densidades de plantio igual ou maior do que 70 mil plantas por hectare. Nesta safra (2011/12) esse número passou para um pouco mais de 100 híbridos (triplos e simples) representando cerca de 28% de todos os híbridos triplos e simples disponíveis no mercado, independentemente se são ou não transgênicos, mostrando também a importância da densidade de plantio para que as cultivares possam expressar seus potenciais produtivos. Por outro lado a ideia tradicional de se utilizar um saco de sementes para o plantio de um hectare já não é verdadeira, havendo necessidades de se utilizar 1,2 a 1,4 sacos de sementes (com 60.000 sementes) para o plantio de um hectare.

A maioria das empresas já estão recomendando 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.

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 consequências no aumento do rendimento de grãos. O arranjo de plantas basicamente pode ser manipulado através 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 através da 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.

Para se conseguir a densidade de plantio adequada e uniforme (Figura 2) por ocasião da colheita, uma série de cuidados deverão ser tomados: (i) utilizar sementes de alta qualidade em termos de poder germinativo e vigor; (ii) realizar o plantio com máquinas e equipamentos de maior qualidade e precisão que, aliados a uma mão de obra melhor qualificada, possibilitará um plantio cada vez mais uniforme, minimizando a ocorrência de falhas (Figura 3), de duas sementes juntas (duplas) e de plantas dominadas (Figura 4); (iii) fazer o tratamento de sementes; (iv) se necessário, fazer aplicação de fungicidas na sementes, especialmente em regiões mais frias onde o processo de germinação e emergência é retardado; (v) plantar na época certa e quando o solo tiver com teor de umidade adequado e (vi) promover a melhoria das condições químicas, físicas e biológicas do solo, facilitando o desenvolvimento e sobrevivência das plântulas.



**Figura 2.** Plantio com distribuição uniforme, CRUZ et al. (2010).



**Figura 3.** Distribuição percentual, por estado, das lavouras de altas produtividades de milho safrinha em diferentes épocas de plantio (amostragem de 1.024 lavouras), CRUZ et al. (2010).

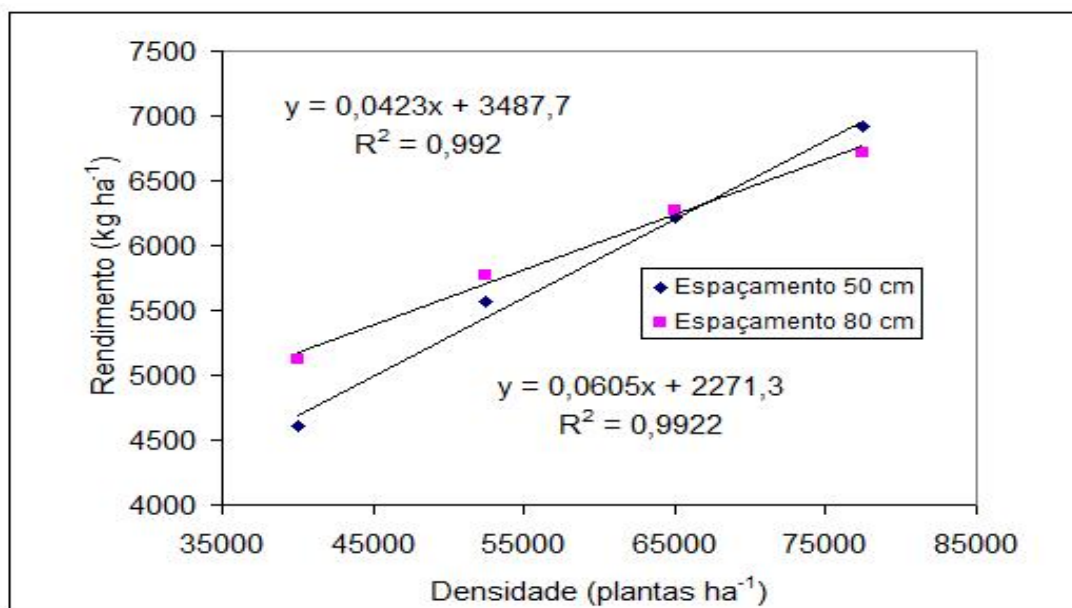


**Figura 4.** Distribuição percentual, por estado, das lavouras de altas produtividades de milho safrinha em diferentes épocas de plantio (amostragem de 1.024 lavouras), CRUZ et al. (2010).

## Espaçamento entre fileiras

Ainda é muito variado o espaçamento entre fileiras de milho nas lavouras, embora seja nítida a tendência de sua redução. 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, como é demonstrado na Figura 5.

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, através 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.



**Figura 5.** Médias do rendimento de grãos de milho obtidas em dois espaçamentos e quatro densidades de plantas. Fonte: Cruz et al., 2008.

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 aproveitam melhor a luz solar.

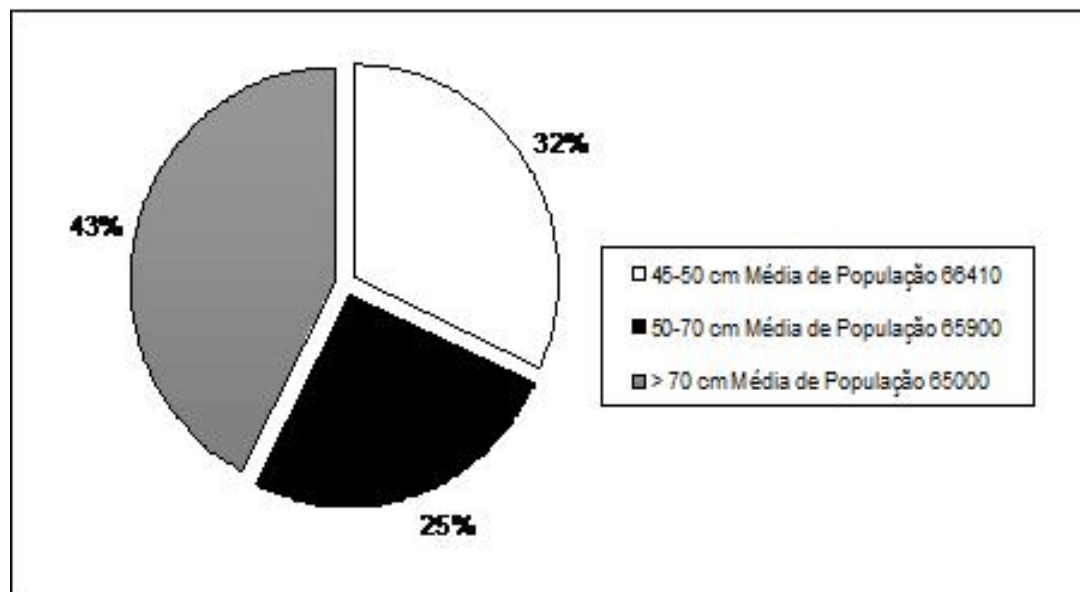
Uma avaliação de diferentes cultivares de milho, espaçamento e densidade de plantio, mostrou que o rendimento de grãos cresceu com o aumento da densidade de plantio, em ambos os espaçamentos (reduzido e normal), demonstrando que se poderia aumentar ainda mais a produtividade, com aumento na densidade de plantio. Entretanto, no espaçamento de 0,50 m entre fileiras, a produtividade apresentou maior ampliação quando 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 (Figura 5). A Tabela 4 mostra o número de sementes por metro linear de sulco para diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entrelinhas quando é realizada a regulagem da plantadeira.

**Tabela 4.** Número de sementes de milho por metro linear de sulco para diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entrelinhas.

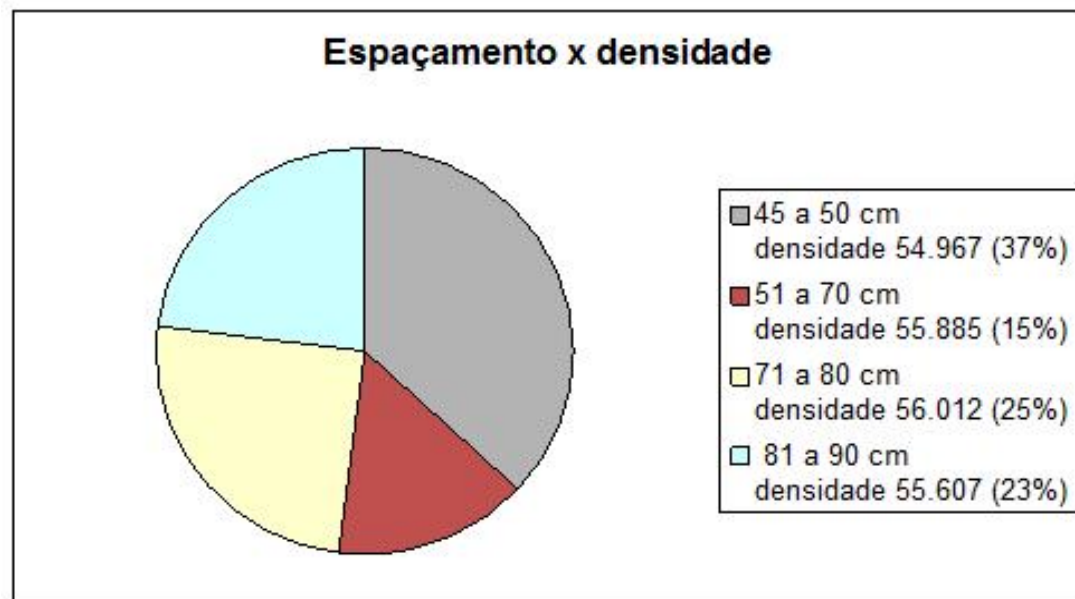
População desejada	Nº de sementes no plantio	Número de sementes por metro de sulco				
		Espaçamento (cm)				
		50	60	70	80	90
40.000	44.000	2,2	2,6	3,1	3,5	4,0
45.000	49.500	2,5	3,0	3,4	4,0	4,5
50.000	55.000	2,8	3,3	3,8	4,4	5,0
55.000	60.500	3,0	3,6	4,2	4,8	5,4
60.000	66.000	3,3	3,9	4,6	5,3	5,9
65.000	71.500	3,6	4,3	5,0	5,7	6,4
70.000	77.000	3,9	4,6	5,4	5,2	6,9
75.000	82.500	4,1	4,9	5,8	6,6	7,4
80.000	88.000	4,4	5,2	6,2	7,0	7,9

(\*) Numero de sementes no plantio, com acréscimo de 10% para compensar perdas durante o ciclo da cultura.

Avaliações realizadas, tanto na safra como na safrinha, em lavouras de alta produtividades, mostraram que, de fato, tem havido um aumento da densidade de plantio e uma redução no espaçamento entre fileiras, entretanto, não se tem verificado uma associação entre esses dois fatores, isto é, um adensamento do plantio associado a uma redução no espaçamento.



**Figura 6.** Variação da densidade de plantio do milho e espaçamento entre fileiras em lavouras de altas produtividades, na safra.  
Fonte: Cruz et al., 2009.



**Figura 7.** Variação da densidade de plantio do milho e espaçamento entre fileiras em lavouras de altas produtividades, na safrinha.

Fonte: Cruz et al., 2010.

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 autossombreamento, o que proporciona uma maior penetração da luz solar. Estas plantas permitem cultivo em menores espaçamentos e maiores densidades.

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

## 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 e sucessão de culturas em Sistemas de Plantio Direto, envolvendo ou não sistemas de produção com Integração Lavoura-Pecuária. Embora apresente alto potencial de produção, comprovado nos concursos de produtividade e por agricultores que utilizam alto nível tecnológico, o rendimento de milho, no Brasil, ainda é muito baixo. Considerando, ainda, 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 sistemas de produção sustentáveis.

## Plantadoras

No plantio do milho, um importante aspecto é a regulagem da densidade de plantio, onde a densidade ótima que promoverá o rendimento máximo da lavoura, varia basicamente, com a cultivar, e com a disponibilidade de água e nutrientes. Uma análise de mais de 200 cultivares de milho mostrou que a densidade recomendada pode variar de 40.000 a 70.000 plantas por hectare. Neste contexto, as semeadoras representam um importante elemento dentro do processo de produção, uma vez que a produtividade de milho é afetada de forma significativa pelo fator estande. A semeadora pode atuar como um elemento restritivo ao desenvolvimento da cultura do milho e no momento do plantio todo o esforço para melhoria de produtividade pode estar sendo infrutífero; de pouco adianta utilizar sementes de alta qualidade genética, fazer um bom preparo do solo, manter uma fertilidade adequada e controlar pragas e plantas daninhas, se não se obtém uma quantidade de sementes distribuídas para um estande final em torno de 50.000 plantas por hectare. Dessa maneira, se o objetivo é aumentar a produtividade da cultura, a regulagem da semeadora passa a merecer uma atenção especial.

Associado a densidade de plantio está o espaçamento entre fileiras. No Brasil esse espaçamento é muito variável, indo de um metro a 80 cm, mas verifica-se uma tendência de se utilizar cada vez mais os espaçamentos reduzidos pelas seguintes razões: aumento no rendimento de grãos, por propiciar uma distribuição melhor de plantas na área, aumentando a eficiência na utilização de luz solar, água e nutrientes; melhor controle de plantas daninhas, em função do mais rápido fechamento dos espaços disponíveis; e redução da erosão, pela cobertura antecipada da superfície do solo (Cruz, 1999). O objetivo seria utilizar o mesmo espaçamento para o milho e a soja. Para isto já existem colhedoras de milho que permitem a colheita de espaçamentos de até 50 cm.

A ocorrência de densidade de plantio aquém da desejada é comum em plantio direto onde as condições de solo e da semeadora não são favoráveis. Onde há excesso de palha, palhada mal distribuída, microrelevo irregular, normalmente associados a solo com maior teor de umidade do que o adequado, pode haver uma redução na densidade de plantio, além de causar emergência desuniforme e atraso no desenvolvimento inicial. Estes problemas podem ser agravados se a qualidade da semeadora não for boa. Estudos realizados por DELAFOSSE (1986), mostraram que a falta de regularidade de espaçamento entre plantas pode resultar em perdas superiores a 15% na cultura do milho. Além disso, MANTOVANI et al. (1992) avaliaram nove semeadoras de milho e concluíram que, de maneira geral, a distribuição longitudinal de sementes era irregular e fora dos limites aceitáveis, tendendo a se tornar mais irregular, à medida que a velocidade de semeadura aumentava. Sugere-se, nestes casos, aumentar, na regulação da semeadora, a quantidade de sementes de 5 a 10% comparado com o plantio convencional. Também é importante manter a velocidade de semeadura dentro dos limites recomendados de 4 a 6 km/h. O estabelecimento da densidade de plantio recomendada é também favorecido pelo uso de sementes de melhor qualidade, e de cultivares que apresentem um melhor enraizamento e bom vigor inicial (Cruz,1999).

Várias marcas e modelos de semeadoras-adubadoras, são disponíveis hoje no mercado brasileiro que basicamente utilizam os seguintes sistemas de distribuição de sementes:

- Pratos ou discos: utiliza discos rotativos perfurados, que devem ser trocados conforme as dimensões das sementes e a quantidade a ser distribuída no solo, além de exigirem regulação na rotação conforme a velocidade de deslocamento da máquina, permitindo ao agricultor uma regulação de acordo com o stand desejado, a peneira de classificação do milho. Dedinhos: caracteriza-se por um disco onde se fixam uma série de pequenas chapas curvas, pivotadas, que, sob o efeito de molas, ao mergulhar dentro do leito de sementes, fecham-se, prendendo uma única semente, elevando-a até a cavidade de distribuição. É mais utilizado para sementes graúdas, como é o caso do milho. Este tipo de semeadora também deve ser regulado a exemplo dos outros sistemas.
- Pneumático: opera também com discos dosadores perfurados rotativos, nos quais as sementes aderem a cada furo devido ao vácuo criado por uma corrente de ar que os atravessa, causando a sucção de um ventilador, sendo as sementes liberadas, quando o vácuo é neutralizado por um obturador, e captadas por tubos distribuidores. Como nos outros sistemas, para cada tipo de semente, deve-se dispor de um disco dosador e fazer uma regulação de velocidade adequada.

A classificação das sementes de milho também é um importante fator a ser considerado, uma vez que pode comprometer o desempenho das semeadoras, principalmente das que utilizam o sistema de distribuição de sementes tipo disco perfurado, pois o formato das sementes é bem variável, podendo dificultar o preenchimento das células e a escolha dos discos.

O tratamento de sementes de milho com inseticidas, utilizado para combater pragas de solo durante o plantio, altera a rugosidade da superfície delas, pelo aumento do ângulo de repouso, afetando o desempenho da semeadora, pela dificuldade de movimentação no depósito e também nos sistemas distribuidores (discos ou dedos prensos). Uma maneira de contornar este problema de escoamento pode ser o uso de uma substância inerte lubrificante, como o grafite, que diminua tanto o coeficiente de atrito entre as sementes como destas com a parede do reservatório. De acordo com Mantovani et al (1999) a dose de grafite indicada para uso no depósito é de no mínimo , 4 g/kg de sementes.

## Equipamentos para plantio direto

Basicamente, existem 3 tipos de máquinas de plantio direto: as que utilizam enxada rotativa, as que utilizam discos e as que utilizam facas.



## Máquinas com enxada rotativa

Esta máquina possibilita uma boa distribuição e incorporação de adubo em faixa e é bastante resistente. Para as culturas de milho e soja, a semente é lançada rente ao solo, atrás das lâminas. Em culturas de espaçamento estreito, como trigo, as "botas" longas são substituídas por "botas" curtas, para evitar embuchamento com resíduos da cultura anterior

Apresenta as seguintes desvantagens:

1. Demanda tratores de alta potência;Desgaste rápido das lâminas de corte em solos abrasivos;Dificuldade de trabalho em solos ondulados;
2. Rendimento relativamente baixo.

## Máquina com discos

Os equipamentos de plantio direto com sistema de disco, disponíveis no mercado brasileiro, são, na sua maioria, de arrasto e conseqüentemente a sua penetração no solo é feita individualmente, devido ao fato de os discos de corte serem montados na barra porta-ferramenta, com a finalidade de acompanhar as pequenas ondulações do terreno. Este sistema demanda tratores de menor potência, comparado com os sistemas que utilizam enxada rotativa e o seu sucesso depende do teor de umidade do solo no plantio

## Máquinas com facas

Este sistema é o mais simples e o mais barato que existe, já sendo utilizado em algumas máquinas convencionais para plantio direto, e os resultados mostram as seguintes dificuldades:

- movimentação excessiva do solo e consumo desnecessário de combustível;maior formação de torrões, principalmente em condições mais secas;mau funcionamento de herbicida residual;má colocação de sementes;
- problemas de embuchamento onde há muita palha.

Com algumas modificações, muitas vezes simples, nas máquinas convencionais, pode-se eliminar ou pelo menos minimizar esses problemas. Para as áreas de plantio direto de milho, deve-se empregar semeadoras com sulcadores (facão), visando eliminar compactações na linha e colocar o adubo em maior profundidade.

## 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 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.

## 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 (Tabela 5). Nessa rotação, como se observa na tabela 1, 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 6). Neste 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, no qual a soja é exigente. 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 5.** Efeito da rotação soja milho sobre o rendimento destas culturas.

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

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

**Tabela 6.** Rendimento de grãos de soja, em kg ha<sup>-1</sup>, 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).

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<sup>-1</sup> de matéria seca. Como segurança, recomenda-se que sejam adotados sistemas de rotação que produzam, em média, 6,0 t/ha/ano 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.

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 estas tenham características peculiares, como um rápido desenvolvimento inicial e maior tolerância à seca.

## 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 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 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 subsequentes em 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 sequencialmente 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, tem-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. Este assunto será melhor discutido em capítulo sobre integração lavoura-pecuária.

## 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 consequente 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 frequente 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 7).

**Tabela 7.** 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			
	Safrinha de soja		Safrinha de milho	
	kg ha <sup>-1</sup>	%	Kg ha <sup>-1</sup>	%
Grade aradora / Grade aradora	2.579	78	4.678	77
Esc. mais niveladora / G. niveladora	3.130	94	5.404	89
Esc. + G. niveladora / semeadura na palha	3.144	95	5.682	94
Sistema plantio direto	3.310	100	6.046	100

Fonte: De Maria et al. (1999).

## Integração Lavoura-Pecuária - ILP e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta - iLPF

### Introdução

Sistemas ILP (SILP) e iLPF ou agrossilvipastoril (SiLPF) pressupõem diversificação, rotação, consorciação ou sucessão das atividades agrícolas e pecuárias dentro da propriedade rural de forma planejada, constituindo um mesmo sistema, de tal maneira que haja benefícios para todos os componentes do sistema (lavouras anuais, pecuária e árvores, no caso de iLPF). Possibilita, como uma das principais vantagens, que o solo seja explorado economicamente e com sustentabilidade, durante todo o ano, favorecendo o aumento na oferta de alimentos, de fibras, de agroenergia e de produtos madeireiros a custos mais baixos devido ao sinergismo que se cria entre a lavoura, a pastagem e as árvores. Estes sistemas de integração devem ser ajustados às diferentes condições edafoclimáticas e ao perfil de produtor, possibilitando a sustentabilidade do empreendimento agrícola, com redução de custos, distribuição de renda e redução do êxodo rural em decorrência da maior oferta de empregos no campo durante todo o ano.

A cultura do milho (*Zea mays*) se destaca no contexto dos sistemas integrados de produção, ILP ou iLPF, devido às inúmeras aplicações que esse cereal tem na propriedade agrícola, tanto na alimentação animal, na forma de grãos ou de forragem (rolão, silagem), como na alimentação humana ou na geração de receita mediante a comercialização da produção.

Outro ponto importante são as vantagens comparativas do milho em relação a outros cereais no que diz respeito ao seu consórcio com capim. Uma vantagem 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 mecanizada seja realizada sem maiores problemas, pois a regulagem mais alta da plataforma diminui os riscos de embuchamento. Somando-se isso à disponibilidade de herbicidas gramínicos pós-emergentes, seletivos ao milho, é possível obter-se resultados excelentes com o consórcio milho + capim. A cultura do milho ainda possibilita trabalhar com diferentes espaçamentos. Atualmente a tendência é reduzir o espaçamento entre as fileiras do milho. Isso melhora a utilização de luz, água e nutrientes, geralmente aumentando a produtividade. Além disto, o espaçamento reduzido facilita o controle de plantas daninhas e da erosão, uma vez que a superfície do solo fica recoberta mais rapidamente pelas plantas do consórcio, além de aumentar a capacidade de competição das plantas de milho. Também maximiza a utilização das plantadeiras, permitindo a utilização do mesmo espaçamento para diferentes culturas, como o milho e a soja. 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.

## Milho consorciado com forrageiras

Na prática, depara-se com as mais variadas situações de ILP 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 estas duas situações, propostas para inserir as propriedades em SILP de tal forma que elas passem a ser mais sustentáveis e competitivas. Em se tratando de um sistema agrossilvipastoril, a largura da faixa de cultivo entre as linhas de árvores é decisivo sobre o período de ocupação desta faixa com lavouras como a de milho. Quando as árvores passam a interferir no rendimento do cereal, a pastagem permanece na área até a colheita final das árvores. Pesquisas demonstraram que nos cultivos a partir do segundo ano há interferência do sombreamento das árvores, prejudicando o desenvolvimento do milho especialmente em faixas de cultivo com espaçamentos menores e com linhas duplas de árvores (Tabela 8).

**Tabela 8.** Teor de matéria seca (%), produtividade de matéria seca (MS) e produção corrigida do milho silagem para a área ocupada pela cultura do milho em cada arranjo, em sistema agrossilvipastoril, nos arranjos estruturais do eucalipto, nos dois primeiros anos de implantação do sistema.

Arranjos de Árvores <sup>1</sup>	Área ocupada com milho (ha)	Teor de MS (%)	MS (t/ha)	MS de milho (t ha <sup>-1</sup> de ILPF)
<b>Primeiro Ano</b>				
(3 x 2)+20m	0,78	37,27 A	13,08 A	10,24 A
(2 x 2)+9m	0,64	36,03 A	9,48 A	6,03 A
9 x 2m	0,78	35,58 A	13,8 A	10,75 A
<b>Segundo Ano</b>				
(3 x 2)+20m	0,78	30,75 A	13,08 A	10,01 A
(2 x 2)+9m	0,64	27,87 A	4,61 A	2,93 A
9 x 2m	0,78	30,76 A	7,50 A	5,83 A

<sup>1</sup> Dentro do parêntesis, nº de linhas de árvores x espaçamento das árvores na linha + largura da faixa;

Fonte: Adaptado de Viana et al. (2010a) e Viana et al. (2010b).

Faixas de cultivos anuais entre 10 e 20 m têm sido comuns neste sistema de exploração. Geralmente, a decisão sobre o espaçamento da faixa deve levar em conta a largura dos equipamentos, especialmente dos pulverizadores, ou seu múltiplo acrescido de um metro de cada lado para manejo das árvores. Qualquer um desses sistemas é perfeitamente ajustável a qualquer propriedade, desde as pequenas, com alguns hectares e que usam a mão de obra familiar, até aquelas empresariais com extensas áreas e alto nível tecnológico.

A decisão sobre as práticas que antecedem a implantação do sistema deve ser precedida de uma série de cuidados referentes ao diagnóstico da gleba, à escolha da cultivar de milho, da forrageira e da espécie arbórea, dentre outros. Primeiramente, deve ser feita a avaliação do perfil do solo para verificar se há presença de camada compactada ou adensada e para conhecer a espessura do horizonte superficial. Normalmente, são realizadas amostragens nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm. Com base nos resultados das análises, se necessário, deve ser feita a correção do solo (calagem e/ou gessagem) seguindo a orientação 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.

Na sequência são tomados os cuidados com a conservação do solo. No caso de iLPF, depois de realizadas as práticas de conservação do solo e da água, são implantadas as árvores, em linhas simples, duplas, etc., no sentido transversal ao declive, paralelamente aos terraços ou seguindo os conceitos de linha mestra. O alinhamento das árvores servirá de orientação aos plantios subsequentes (lavouras e pastagens). 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 subsequentes para o caso de ILP.

O milho é uma espécie exigente em fertilidade do solo, requerendo pH, Ca, Mg, saturação por alumínio e saturação por bases 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). 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-corrigidos ou após pastagem degradada, os rendimentos de grãos são menores. Assim, o agricultor pode optar pelo plantio de cultivares de menor custo, principalmente os híbridos duplos e variedades.

Em algumas situações, é recomendada adubação corretiva para fósforo e potássio. Para adubações de plantio e cobertura, o produtor deverá utilizar as recomendações de adubação baseadas nos resultados da análise do solo e levando em consideração a produtividade esperada.

Havendo impedimento físico no solo é imprescindível a aração profunda, preferencialmente, 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 emergência retardada, competindo menos com o milho; incorporar touceiras de capins, acelerando a sua mineralização para minimizar a concorrência com o milho pelo nitrogênio.

Para se obter um bom desempenho da cultura em áreas com pastagens degradadas, 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 ao final do período chuvoso anterior (abril/maio) ou antes do período chuvoso que antecede a semeadura (agosto/setembro). Para melhor distribuição do corretivo sugere-se aplicar 60-70% do calcário, incorporá-lo superficialmente com grade aradora, arar profundamente (35-40 cm), aplicar o restante 30-40% do corretivo, nivelar/destorroar e semear o milho e a forrageira na época adequada.

A determinação da necessidade de calagem para o milho nos sistemas de integração obedece a mesma metodologia e os 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  $3,0 \text{ cmolc dm}^{-3}$  de solo, na razão aproximada de 3-4:1.

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  $500 \text{ kg ha}^{-1}$  de gesso, por exemplo, só com esse insumo estariam sendo aplicados  $115 \text{ kg ha}^{-1}$  de Ca e  $95 \text{ kg ha}^{-1}$  de S, quantidades teoricamente suficientes para a obtenção de mais de  $6 \text{ t ha}^{-1}$  de milho.

No plantio simultâneo, dependendo da espécie da forrageira, as sementes desta podem ser 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 para que haja emergência das plântulas, o que varia com a espécie. Geralmente, sementes de braquiária brizantha podem ser depositadas a até 8 cm e de panicum, até 3 cm. As sementes do milho, geralmente, são depositadas a 3 cm de profundidade no solo. Outra possibilidade é o plantio defasado da forrageira em 15 a 30 dias depois da emergência do milho: planta-se o milho solteiro e faz-se o semeio da forrageira juntamente com a adubação de cobertura.

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. Várias pesquisas relatam aumento no rendimento de grãos de milho com redução do espaçamento entre fileiras até 0,5 m. Esse comportamento se deve ao fato de 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. 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. Por outro lado, o capim da entrelinha do milho tende a ser abafado pelo da linha devido à localização do adubo de base. Para solucionar este problema, resultados de pesquisa sobre a localização deste adubo (Tabela 9) mostraram que em solos adequadamente corrigidos esta adubação deve ser dividida metade na linha de plantio do milho + capim e a outra metade em duas linhas laterais somente com capim (25-50-25%) ou, ainda, um terço na linha e um terço em cada entrelinha com capim (33,3-33,3-33,3%). Esta mudança permite melhor desenvolvimento e competitividade do capim da entrelinha, possibilitando a ele não ser abafado, o que resulta em maior produtividade de capim sem alterar a produtividade do milho.

**Tabela 9.** Produtividade do milho sob diferentes modos de localização da adubação de plantio em cultivo solteiro ou consorciado com braquiária. Sete Lagoas, MG.

**TRATAMENTOS**

**(Milho + Braquiária)**

**(00-100-00)**

**(25-50-25)**

**(33,3-33,3-33,3)**

**(a Lanço)**

**(milho Solteiro)**

**(00-100-00)**

**(25-50-25)**

**(33,3-33,3-33,3)**

**(a Lanço)**

**PESO DE GRÃOS ( $\text{kg ha}^{-1}$ )**

**7552 a**

**8328 a**

**8510 a**

**8387 a**

**8570 a**

**8704 a**

**8934 a**

**8911 a**



**CV (%)****13,84****dms****1461**

Fonte: Alvarenga et al., 2011.

Em muitos casos, agropecuaristas têm adotado essa tecnologia de ILP 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 maior, 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. O objetivo em ILP ou iLPF é evitar que a pastagem se degrade. Se isso estiver acontecendo, mostra deficiência no planejamento adotado e que medidas corretivas são necessárias.

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<sup>-1</sup>, então, para a obtenção de maiores produtividades, acima de 6 t ha<sup>-1</sup>, é recomendável: (i) a aplicação dos corretivos de acidez do solo pelo menos um ciclo de chuvas antes da semeadura; (ii) optar por variedade ou híbridos duplos, o que resulta em economia na aquisição de sementes; e (iii) realização de tratamento de sementes para prevenção de ataque de lagartas e formigas na fase inicial de estabelecimento da cultura.

Em solos parcial ou devidamente corrigidos quanto as suas condições físicas e químicas, sempre que possível o sistema deve ser iniciado com o sistema de plantio direto com eventuais correções em superfície. Neste caso, 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 em se adotar desde o início o plantio direto são a produção de forrageira para a entressafra e palhada em quantidade e qualidade para o Sistema de Plantio Direto na safra seguinte e maior eficiência no uso de água pelas culturas. O sistema com plantio direto apresenta grande vantagem, pois não altera o cronograma de atividades do produtor. 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 com palhada de capim 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. Fisiologia das espécies em consórcio

As espécies forrageiras comumente utilizadas apresentam elevadas taxas de crescimento. 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 subdoses de herbicidas e populações de plantas adequadas das espécies em consórcio são fundamentais para que a área foliar da cultura do milho se sobreponha à das forrageiras ao longo do ciclo. Pesquisas com o Sistema Barreirão (aração profunda) mostram que, dispondo as sementes das forrageiras em maiores profundidades (6 a 8 cm), retarda-se em até 13 dias a sua emergência, conseguindo-se uma ampla vantagem do índice de área foliar (IAF) da cultura sobre o da forrageira. No Sistema Santa Fé (plantio direto), o consórcio é, geralmente, conduzido em solo de média a alta fertilidade e espera-se uma maior competição da forrageira com a cultura. Por essa razão, geralmente, além da semeadura mais profunda da forrageira, pode haver a necessidade do uso de herbicidas para conter seu crescimento ou plantio defasado, plantando a forrageira alguns dias após o milho.

Um estudo sobre o consórcio de milho com os capins braquiária e mombaça mostrou que, tanto com aplicação de herbicida como sem aplicação de herbicida para reduzir o crescimento das forrageiras, a taxa assimilatória líquida (TAL) do milho foi maior que a das forrageiras em grande parte do ciclo da cultura. A TAL indica a eficiência fotossintética e devido ao maior crescimento do milho e o consequente sombreamento que esse exerce nas forrageiras, resultou em uma maior taxa de crescimento da cultura (TCC) do milho, superando o das forrageiras e tornando o consórcio dessas espécies muito seguro. A aplicação de herbicida para redução do TCC da braquiária somente é necessária em situações onde 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 forrageiras mostram que, na média, a presença da forrageira reduziu a produtividade do milho em 5%. Contudo, verifica-se que em vários casos não há diferenças significativas entre a produtividade do milho solteiro e o consorciado. Vale ressaltar que os diferentes resultados estão associados à combinação 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 onde 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.

## 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 em que 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 herbicida atrazina e alguns do grupo químico das sulfonilúreas, como o nicosulfuron, foramsulfuron e iodossulfuron methyl sodium.

No consórcio, a atrazina é aplicada nas doses de 1000 a 1500 g i.a. ha<sup>-1</sup> 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, geralmente, entre 20 e 40 dias após emergência. Dessa forma, a aplicação de herbicidas pós-emergentes deve ser feita entre V4 e V5. O nicosulfuron (Sanson) é recomendado na dose de 4 a 8 g i.a. ha<sup>-1</sup> (0,1 a 0,2 L p.c. ha<sup>-1</sup>). A dose maior é recomendada quando a forrageira está em estágios mais avançados (mais de 3 perfilhos). Para o consórcio do milho e panicuns (tanzânia, mombaça e outros), a dose de nicosulfuron não deve ultrapassar a 6 g i.a. ha<sup>-1</sup> (0,15 L p.c. ha<sup>-1</sup>) devido à sensibilidade dessas espécies aos herbicidas. Para os herbicidas foramsulfuron + iodossulfuron (Equipe-Plus), recomenda-se dose de 15 + 1 g i.a. ha<sup>-1</sup> (0,5 L p.c. ha<sup>-1</sup>). Nessas doses, há uma redução do crescimento da forrageira e também das plantas daninhas em torno 40 a 50%, suficiente para a redução da competição com o milho no PCC.

A recuperação da toxicidade da forrageira devida aos herbicidas depende de vários fatores, como as condições hídricas, a fertilidade de solo e o próprio nível de fitotoxicidade da forrageira após 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.

## Arranjos espaciais da forrageira e efeito no milho e na produção de forragem

Pesquisas mostram que os diferentes arranjos testados não afetam o rendimento do milho (Tabela 10). 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<sup>-1</sup> de sementes puras viáveis (SPV) foi de 3,0 kg ha<sup>-1</sup> no ensaio de produção de grãos, de 3,8 kg ha<sup>-1</sup> no ensaio de produção de silagem em Coimbra e de 6,4 kg ha<sup>-1</sup> no ensaio em Ilha Solteira.

**Tabela 10.** Rendimento do grãos e forragem (MV) de milho, em kg ha<sup>-1</sup>, e de *B. brizantha*, em t ha<sup>-1</sup>, função de diferentes arranjos espaciais e locais de plantio.

Sistema de Plantio	Coimbra MG		Local Ilha Solteira SP		MV	Coimbra MG	
	Grãos	Forrag <sup>1</sup>	Grãos	Forrag <sup>1</sup>		Forrag <sup>1</sup>	Forrag <sup>2</sup>
Plantio simultâneo com 1 linha nas entrelinhas	5.570	1,15	-	-	-	-	-
Plantio simultâneo com duas linha 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	-	-
Braquiaria solteira	-	7,63	-	-	-	2,83	14,94

Fonte: Adaptado de Jakelaitis et al., 2005; Pantano, 2003 e Freitas et al., 2005.

## Épocas de introdução das forrageiras e efeitos no milho e na produção de forragem

Pesquisas mostraram que não há diferenças de produtividade do milho entre o plantio simultâneo da forrageira com o milho e o plantio em pós-emergência (Tabela 11). 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. A produção da forrageira diminui significativamente à medida que atrasa-se 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 a colheita do milho atinge seu máximo potencial.

**Tabela 11.** Rendimento de grãos de milho, em kg ha<sup>-1</sup> e de massa seca de forragem, em t ha<sup>-1</sup> 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	Local			
	Piracicaba	Piracicaba	Piracicaba	Ilha Solteira
	Rendimento de milho (kg ha <sup>-1</sup> )			
Milho solteiro	9.270	9.270	9.270	7.995

	Cultivo do Milho			
Consórcio, plantio simultâneo	9.690	9.700	9.333	7.503
Braquiaria plantada estágio V4 do milho	9.280	9.500	9.450	7.677
	<b>Rendimento de massa seca de forragem (t ha-1)</b>			
Plantio simultâneo, colheita	1,31	1,56	1,06	2,13
Plantio simultâneo, 60 DAC	3,96	3,17	2,22	-
Braquiaria plantada estágio V4 do milho, colheita	0,37	0,35	0,33	1,45
Braquiaria plantada estágio V4 do milho, 60 DAC	3,16	2,21	1,85	-
Forrageira	<i>B. decumbens</i>	<i>B. brizantha</i>	<i>B. ruziziensi</i>	<i>B. brizantha</i>
Espaçamento do milho (m)	0,9	0,9	0,9	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	3	3	3,17

Fonte: Adaptado de Tsumanuma, 2004, Pantano, 2003.

Recomenda-se uma densidade de 3,0 kg ha-1 de sementes puras e viáveis (SPV) de braquiária para a implantação do consórcio.

## 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 disponível 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, 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.

**Autores deste tópico:** Evandro Chartuni Mantovani, Israel Alexandre Pereira Filho, Joao Herbert Moreira Viana, Manoel Ricardo de Albuquerque Filho, Maurilio Fernandes de Oliveira, Miguel Marques Gontijo Neto, Ramon Costa Alvarenga, Walter Jose Rodrigues Matrangolo, Jose Carlos Cruz

## Irrigação

## Viabilidade da Irrigação de Milho

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.

A decisão de irrigar ou não deve 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 distribuição das chuvas. 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.

### a. Quantidade e distribuição de chuvas

A necessidade de irrigação diminui na medida em que se move das regiões áridas e semiáridas 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, por causa da 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, lembrando 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 frequentes 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. Como exemplo, na Figura 1 são mostradas a precipitação mensal média e a precipitação mensal provável, para o período de 1998 a 2012, 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 90% de probabilidade. Para a produção de culturas de menor valor comercial, como o milho, pode-se adotar, neste tipo de análise, um nível de probabilidade de 75%.

### b. 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 uma 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 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 (Eto) que, para o Brasil, é a grama, que por sua vez é determinada com os dados de clima do local. Os valores de Eto da grama

devem ser multiplicados pelos valores do coeficiente de cultura ( $K_c$ ) para obter a curva de Etc (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  $E_{to}$  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 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 1), o gráfico mostra a probabilidade de ocorrência de um valor igual ou menor que o indicado. Por esta razão, os valores médios de  $E_{to}$  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 ( $K_c$  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 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.

### c. 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 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, dezembro, janeiro e março, 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 4. Nota-se que veranicos com mais de 15 dias podem ocorrer, como é o caso do período de 3 a 29 de fevereiro de 2012, o qual, na ausência de irrigação, poderia causar quebra na produtividade ou danos irreversíveis à cultura do milho.

### d. 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 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.

Em ensaios experimentais, pode-se observar que vários materiais de milho apresentam boa resposta à irrigação (Tabela 1).

**Tabela 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 $\text{kg ha}^{-1}$	Sem Estresse $\text{kg ha}^{-1}$	Redução na Produtividade %
1	1020	6403	84
5	1027	6167	83
9	2113	9170	77
12	2550	7980	68
7	3697	9407	61
13	2467	6060	59

4	2960	7087	58
2	2970	6903	57
19	830	1923	57
6	2400	5437	56
3	2047	4493	54
16	3830	8077	53
18	3810	7363	48
15	3200	6173	48
11	4160	7587	45
8	4670	8480	45
17	3820	6933	45
10	4077	7013	42
14	3523	5663	38
20	4180	6560	36
BRS 3101	2987	8190	64
P 3041	4447	8523	48

Fonte: Santos, M. X. Dados não publicados.

Alguns deles 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, onde o objetivo seria maximizar a produção por unidade de volume de 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-se numa poderosa ferramenta de auxílio à decisão.

### e. Fonte de água

Determinada a necessidade de se irrigar a cultura, há que se analisarem 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 comunitários e poços profundos.

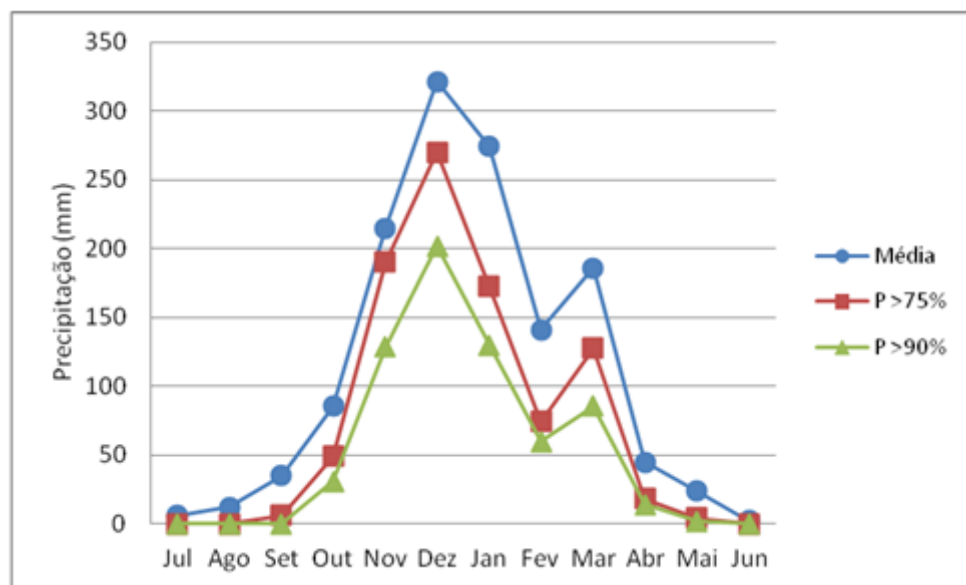
Vários fatores devem ser considerados na análise da adaptabilidade da fonte para irrigação, entre os quais a distância da fonte ao campo, a altura em que a água deve ser bombeada, o volume de água disponível (no caso de lago ou reservatório), a vazão da fonte no período de demanda de pico da cultura e a qualidade da água.

O volume de água disponível deve atender a necessidade sazonal de água da cultura (no caso de lago ou reservatório) 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. Muitas culturas não toleram sal na água. Poluentes podem contaminar os alimentos e os materiais sólidos podem causar problemas em bombas, filtros e emissores.

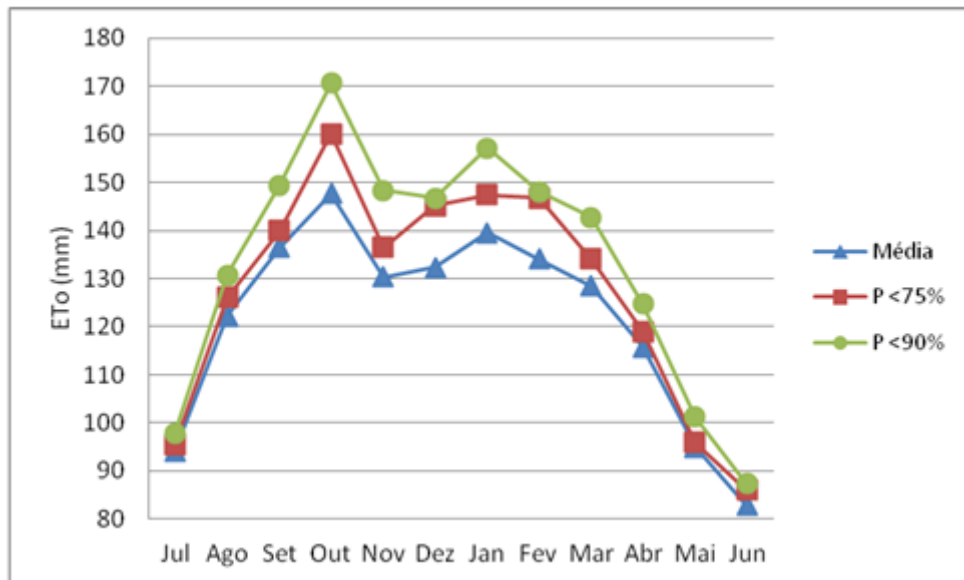
Atenção especial deve ser dada às leis de uso da água, em vigor no país. Os usuários são obrigados a requerer outorga para uso da água junto às agências de controle estaduais. Além do mais, como o recurso água está a cada dia mais escasso, há a tendência de aumentar os conflitos entre os usuários. O direito de uso da água de um usuário, localizado à jusante do ponto onde se tenciona captar a água para a irrigação, deve ser preservado, em termos de volume e vazão da fonte e qualidade da água.

Se a decisão, baseada nas informações descritas nos tópicos anteriores, é favorável à irrigação, então o próximo passo é a seleção do método e do sistema de irrigação. Inicialmente, há que se conhecerem os diversos métodos e sistemas de irrigação disponíveis atualmente.

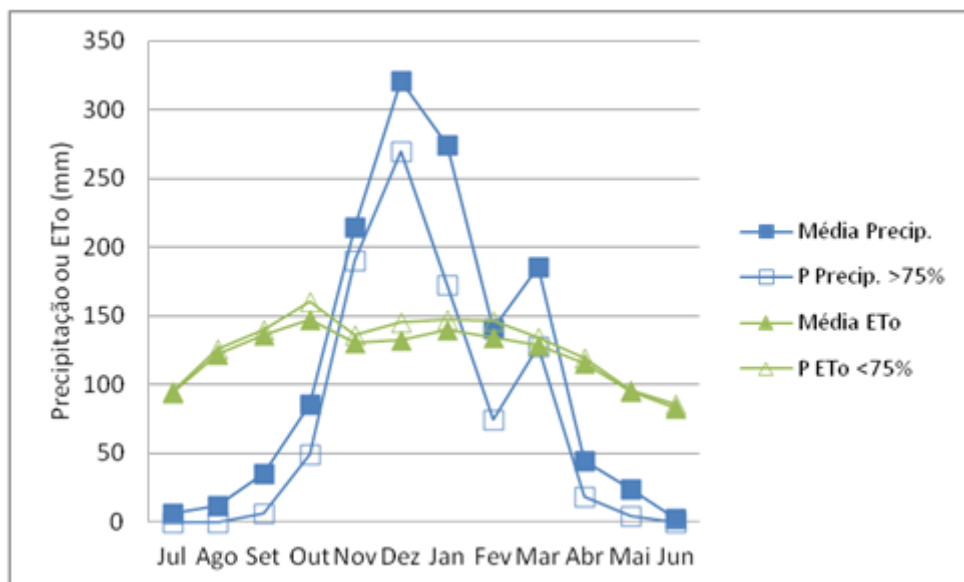


**Figura 1** - Dados mensais de precipitação média e provável (probabilidade de ocorrência - P), para o período de 1998 a 2012, Sete Lagoas, MG.

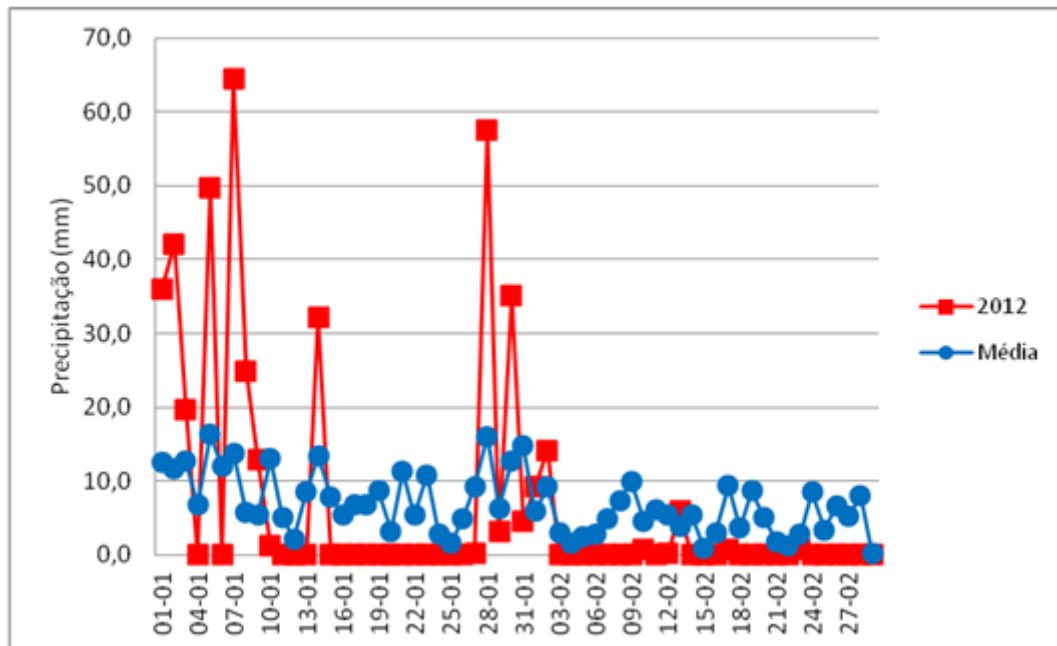




**Figura 2** - Dados mensais de evapotranspiração de referência (ETo) média e provável (probabilidade de ocorrência - P), para o período de 1998 a 2012, Sete Lagoas, MG.



**Figura 3** - Comparação ao longo do ano de curvas de precipitação e evapotranspiração médias e prováveis (probabilidade de ocorrência - P), para o período de 1998 a 2012, Sete Lagoas, MG.



**Figura 4** - Precipitação média entre os anos de 1998 e 2012 e dos meses de janeiro e fevereiro de 2012, indicando a ocorrência de veranicos, Sete Lagoas, MG.

## Manejo de Irrigação

### Introdução

O milho é considerado uma cultura que demanda muita água, mas também é uma das mais eficientes no uso dela, isto é, produz uma grande quantidade de matéria seca por unidade de água absorvida. Dependendo da produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) alcançada pela cultura, a "produtividade" da água do milho, ou seja, a quantidade de água aplicada e/ou consumida que é "transformada" em peso de grãos, pode atingir patamares mínimos de até 250 litros de água por kg de grãos secos produzidos.

O milho de variedade de ciclo médio, cultivado para a produção de grãos secos, consome de 380 a 550 mm de água em seu ciclo completo, dependendo das condições climáticas. Em termos de lâmina bruta de água aplicada, esses valores podem aumentar sobremaneira em função da baixa eficiência do sistema de irrigação.

O período de máxima exigência de água pelo milho 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 isso, 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; DOURADO NETO, 2000).

No caso de o fator limitante ser a água, deve-se levar em consideração a evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ), chuva (lâmina, intensidade, distribuição e probabilidade de ocorrência), rendimento esperado (agricultura irrigada ou de sequeiro) e água total disponível (ATD) no solo por unidade de

profundidade efetiva do sistema radicular (Z).

## Critérios básicos para o manejo da irrigação

O manejo da irrigação da cultura do milho nada mais é do que 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.

- Alguns conceitos necessários para programar a irrigação
- Alguns critérios de manejo de irrigação
  - Critério baseado no uso das características físico-hídricas do solo e na estimativa da evapotranspiração da cultura (ETc)
  - Critério baseado em sensores para monitoramento do potencial ou da umidade do solo
  - Critério conjunto com sensores de solo e com algum método de medir ou estimar a evapotranspiração de referência (ETo)
  - Irrigação do dia do plantio e dos dias próximos subsequentes
  - Lâmina bruta de irrigação (LB)
  - Consumo total de água da cultura do milho
  - Recursos da informática

## Alguns conceitos necessários ao manejo de irrigação

### a. Evapotranspiração da cultura (ETc)

Como já mencionado no tópico anterior, a água necessária à cultura é equivalente a 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 é baseada em sua evapotranspiração potencial ou máxima (ETm) e é expressa, normalmente, em milímetros por dia ( $\text{mm dia}^{-1}$ ). Em situação prática, a ETc é relacionada à evapotranspiração de uma cultura de referência (ETo), que é a grama batatais ou uma cultura hipotética, com uma altura uniforme de 12 cm, resistência do dossel da cultura de 70 s/m e albedo de 0,23, em pleno crescimento e sem deficiência de água, de modo a simplificar o processo de estimar a ETc. Então, a ETc pode ser obtida pela equação:

$$ETc = Kc \times ETo \quad (1)$$

em que:

ETc = evapotranspiração da cultura do milho ( $\text{mm dia}^{-1}$ );

Kc = coeficiente da cultura do milho (adimensional);

ETo = evapotranspiração da cultura de referência ( $\text{mm dia}^{-1}$ ).

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 (ALLEN et al., 1998).

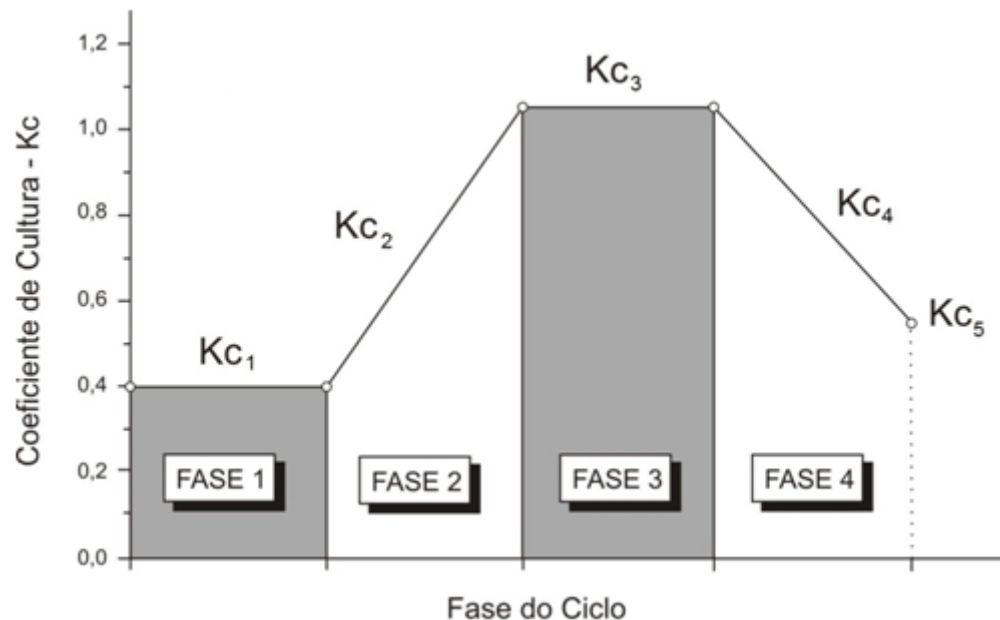


Fonte: Allen et al. 1998.

**Figura 5.** Tanque de evaporação classe A

### **b. Coeficiente de cultura (Kc)**

Os valores do coeficiente de cultura (Kc) do milho são influenciados pelas características da variedade ou cultivar empregada, época de semeadura, estágio de desenvolvimento da cultura e condições gerais de clima. O milho, por ser uma cultura de ciclo curto ou anual, pode ter o seu estágio de desenvolvimento dividido em 4 fases, para efeito do estudo da evolução dos valores de Kc ao longo do tempo (Figura 5). De acordo com a Figura 5, os valores de Kc 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 fases 3 e 5 ( $K_{c5}$ ), respectivamente, como está apresentado na Figura 5.



**Figura 5** - Coeficientes de cultura (Kc) em função das fases do ciclo de crescimento (Ilustração: Idmar Pedro).

Usando-se uma cultura de milho numa altura padrão de 2 m para a fase 3, obtém-se a Tabela 2 com os valores dos coeficientes de cultura para as fases do ciclo, segundo a demanda evaporativa dominante.

**Tabela 2.** Valores do coeficiente de cultura (Kc) 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; ANDRADE, 2001).

Demanda Evaporativa Dominante**	Tl*** na fase 1 (dias)	Kc1+	Kc2	Kc3	Kc4	Kc5
<b>BAIXA</b> $ET_o < 2,5 \text{ mm dia}^{-1}$	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			
<b>MODERADA</b> $2,5 < ET_o < 5,0 \text{ mm dia}^{-1}$	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			

<b>ALTA</b> <b>5,0 &lt; ETo &lt; 7,5 mm dia<sup>-1</sup></b>	1	0,87	0,87 a 1,29	1,29	1,29 a 0,35	0,35
	2	0,78	0,78 a 1,29			
	3	0,70	0,70 a 1,29			
	4	0,62	0,62 a 1,29			
	5	0,53	0,53 a 1,29			
	6	0,45	0,45 a 1,29			
<b>MUITO ALTA</b> <b>ETo &gt; 7,5 mm dia<sup>-1</sup></b>	1	0,82	0,82 a 1,36			
	2	0,73	0,73 a 1,36			
	3	0,65	0,65 a 1,36	1,36	1,36 a 0,35	0,35
	4	0,57	0,57 a 1,36			
	5	0,48	0,48 a 1,36			
	6	0,40	0,40 a 1,36			

\* fases do ciclo de desenvolvimento de acordo com a Figura 5.

\*\* segundo as faixas da evapotranspiração de referência (ETo).

\*\*\* Turno de irrigação.

+ Se for realizado plantio direto sobre palhada, os valores de  $Kc_1$  deverão ser reduzidos em cerca de 50%.

### c. Água disponível no solo

Além de outras importantes funções que o solo desempenha no sistema agrícola, ele é também o "reservatório" de água para as plantas. A água total disponível no solo (CAD), 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 no 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 ( $\Psi_m$ ) contido nele oscilar na faixa entre -10 (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.

### Alguns critérios de manejo de irrigação

O manejo da irrigação da cultura do milho nada mais é do que 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.

#### a. Uso das características físico-hídricas do solo e da estimativa da evapotranspiração da cultura (ETc)

O turno de rega ou de irrigação (TI) é normalmente variável de acordo com a variabilidade temporal da evapotranspiração da cultura (ETc). Entretanto, um 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 que a ETc 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. Entretanto, estes são valores que não retratam o dia-a-dia da ETC da cultura no campo. O que se recomenda é que se adote um TI fixo para cada uma das 4 fases relatadas no item referente à seleção do coeficiente de cultura (Figura 5), de modo que tornar-se-á necessário que se considere a ETC média diária reinante em cada uma dessas fases. Este critério normalmente é empregado quando se trabalha com dados históricos (de no mínimo 15 anos) da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) para o local do cultivo. Dessa forma, o turno de irrigação (TI) e a lâmina líquida (LL) a serem determinados, para cada uma das 4 fases do ciclo do milho, são dados por:

$$TI_i = \frac{Arm_i}{ETc_i} \quad (2)$$

$$LL_i = TI_i \times ETc_i \quad (3)$$

em que:

$i$  = índice correspondente à fase (Figura 5) do ciclo da cultura do milho ( $i = 1, 2, 3$  ou  $4$ );

$TI_i$  = turno de irrigação na fase  $i$ , em dias;

$Arm_i$  = lâmina de água armazenada no solo na fase  $i$  que será usada como suprimento para a cultura (mm);

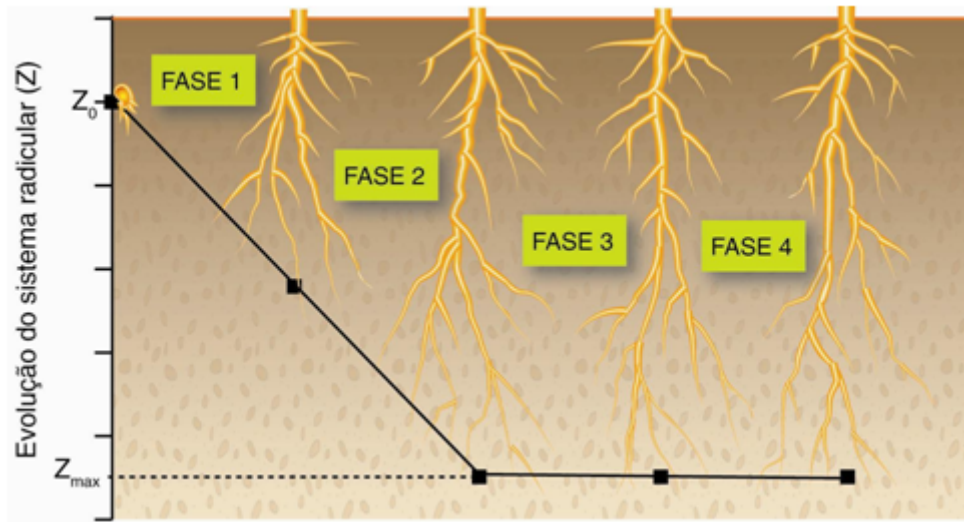
$ETc_i$  = evapotranspiração da cultura média diária na fase  $i$ , em mm/dia;

$LL_i$  = lâmina líquida de irrigação na fase  $i$ , em mm.

A lâmina de água que fica armazenada no solo ( $Arm$ ) e que se pode tornar disponível à planta é representada pela equação:

$$Arm = \frac{(CC - PMP)}{10} \times f \times d \times Z \quad (4)$$

O coeficiente  $f$  estabelece o ponto da água no solo em que não haverá perda de rendimento da cultura em decorrência do estresse hídrico provocado por demanda evaporativa elevada. Assim, maior demanda evaporativa normalmente exigirá menores valores de  $f$  e vice-versa. Para as condições de demanda evaporativa constantes na Tabela 1, os valores 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 ( $Z_{max}$ ) 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. É claro que 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 6. 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 ao 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 número inteiro 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 consequente mudança do valor de  $f$  também.



**Figura 6** - Evolução do crescimento do sistema radicular do milho em função da fase vegetativa (Ilustração: Idmar Pedro)

Exemplo:  
 Quais são a lâmina líquida de irrigação (LL) e o turno de irrigação (TI) da cultura do milho em cada uma de suas 4 fases, cujos dados do local do plantio são:  
 $CC = 35\%$  peso;  $PMP = 26\%$  peso;  $d = 1,1 \text{ g/cm}^3$ ;  $Z$  (fase 1) = 20 cm;  $Z$  (demais fases) = 40 cm;  $f$  (todas as fases) = 0,5;  $ETc$  (fase 1) = 2,5 mm/dia;  $ETc$  (fase 2) = 3,6 mm/dia;  $ETc$  (fase 3) = 5,2 mm/dia;  $ETc$  (fase 4) = 3,1 mm/dia?

Solução:  
 O que se deseja é:  $LL_i$  e  $TI_i$ , sendo  $i = 1, 2, 3$  e  $4$ , correspondentes a cada uma das fases da cultura.

As lâminas de água que ficam armazenadas no solo ( $Arm_i$ ) em cada uma das 4 fases (equação 4) são:

$$Arm_1 = \frac{(35 - 26)}{10} \times 0,5 \times 1,1 \times 20$$

$$Arm_1 = 9,9 \text{ mm}$$

$$Arm_2 = Arm_3 = Arm_4 = \frac{(35 - 26)}{10} \times 0,5 \times 1,1 \times 40$$

$$Arm_2 = Arm_3 = Arm_4 = 19,8 \text{ mm}$$



Os turnos de irrigação em cada fase ( $TI_i$ ; - equação 2) serão:

$$TI_1 = \frac{Arm_1}{ETc_1} = \frac{9,9}{2,5} = 4 \text{ dias}$$

$$TI_2 = \frac{Arm_2}{ETc_2} = \frac{19,8}{3,6} = 5 \text{ dias}$$

$$TI_3 = \frac{Arm_3}{ETc_3} = \frac{19,8}{5,2} = 4 \text{ dias}$$

$$TI_4 = \frac{Arm_4}{ETc_4} = \frac{19,8}{3,1} = 6 \text{ dias}$$

As lâminas líquidas de irrigação de cada fase ( $LL_i$  - equação 3) serão:

$$LL_1 = TI_1 \times ETc_1 = 4 \times 2,5 = 10,0 \text{ mm}$$

$$LL_2 = TI_2 \times ETc_2 = 5 \times 3,6 = 18,0 \text{ mm}$$

$$LL_3 = TI_3 \times ETc_3 = 4 \times 5,2 = 20,8 \text{ mm}$$

$$LL_4 = TI_4 \times ETc_4 = 6 \times 3,1 = 18,6 \text{ mm}$$

### **b. 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, o que 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 na capacidade de campo (CC), no ponto de murcha permanente (PMP) e do potencial de referência para se fazer a irrigação ( $\Psi_{ir}$ ).

Para o caso do milho, o potencial de referência para se efetuar a irrigação ( $\Psi_{ir}$ ) é variável de acordo com o clima local e a época de plantio. Porém, de um modo geral, para garantir que as plantas não se submetam a estresses hídricos severos, pode-se considerar o  $\Psi_{ir}$  em torno de -70 kPa. É claro que 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 no

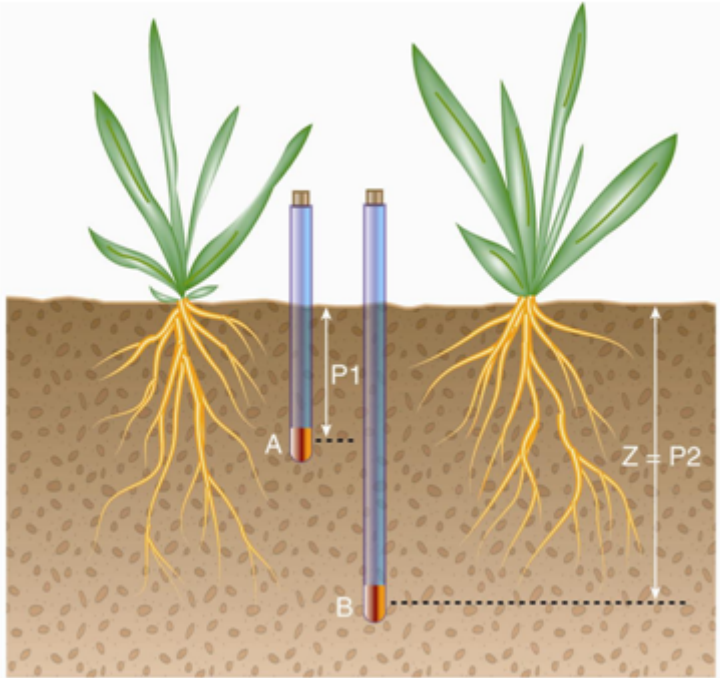
Cerrado e em qualquer época no Semiárido e de -300 kPa no inverno no Cerrado. As medições do potencial ou da umidade devem ser feitas em pelo menos 3 a 4 pontos representativos da área cultivada e no mínimo a duas profundidades (Figura 7): uma na zona de máxima atividade radicular (ponto A - que corresponde 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 frequentes (turno de irrigação de 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 são aprofundados para 20 cm (ponto A) e 40 cm (ponto B) (Figura 7). As medições no ponto A são as que devem ser utilizadas para definir o momento da irrigação e as no ponto B servem para se verificar se a irrigação foi realizada em excesso com risco de lixiviação de solutos.

Controlando-se a irrigação por meio 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.

Usando-se este método como manejo de irrigação, a lâmina líquida de irrigação por fase da cultura ( $LL_i$ ) é dada por:

$$LL_i = \frac{(CC - U_{ir})}{10} \times d \times Z_i \quad (5)$$

em que:



**Figura 7** - Profundidade de instalação de sensores no solo (Ilustração: Idmar Pedro).

$LL_i$  = lâmina líquida de irrigação na fase  $i$ , em mm;  
 $CC$  = umidade do solo na capacidade de campo, em %peso;  
 $U_{ir}$  = umidade do solo no ponto A correspondente ao potencial referente ao momento de se efetuar a irrigação ( $\Psi_{ir} = -70$  kPa), em %peso;  
 $d$  = densidade do solo, em  $g\ cm^{-3}$ ;  
 $Z_i$  = profundidade efetiva do sistema radicular na fase  $i$ , em cm.  
 $10$  = 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 no solo para reinício da irrigação ( $U_{ir}$ ). No entanto, quando se utilizam instrumentos que medem apenas o potencial matricial (como o tensiômetro), é necessário converter o valor de  $\Psi_{ir}$  em  $U_{ir}$  por meio da curva de retenção do solo.

Exemplo:

Qual é a lâmina líquida de irrigação ( $LL$ ) da cultura do milho na fase 3, cujos dados do local do plantio são:

CC = 35% peso; umidade no solo no ponto A da Figura 4, que corresponde à umidade crítica para efetuar a irrigação ( $U_{ir}$ ) = 30% peso;  $d = 1,1 \text{ g/cm}^3$ ;  $Z$  (fase 3) = 40 cm. O sensor no solo que é a referência para se proceder a irrigação da cultura está localizado no ponto A, conforme a Figura 4? Solução:

O que se deseja é  $LL_3$  (equação 5) que corresponde à fase 3 da cultura:

$$LL_3 = \frac{(35 - 30)}{10} \times 1,1 \times 40$$

$$LL_3 = 22,0 \text{ mm}$$

### c. Sensores de solo conjuntamente com algum método de medir ou estimar a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>)

Este critério tem 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 ( $\Psi_{ir}$ ) ou do conteúdo de água ( $U_{ir}$ ) no solo a partir do qual se realizará a irrigação. Por exemplo, como já visto para o milho, o valor de  $\Psi_{ir}$  pode ser de -70 kPa lido num tensiômetro.

A lâmina líquida de irrigação é determinada pelo somatório da evaporação da cultura acumulada desde a última irrigação, conforme a equação:

$$LL_i = \sum_{j=1}^n (Kc_i \times ET_{o_j}) \quad (6)$$

em que:

$LL_i$  = lâmina líquida de irrigação na fase  $i$  (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<sub>o</sub>;

$n$  = número máximo de dias de coleta dos dados de ET<sub>o</sub> até que o potencial ( $\Psi_{ir}$ ) ou umidade de irrigação ( $U_{ir}$ ) seja atingido;

$Kc_i$  = coeficiente de cultura na fase  $i$ ;

ET<sub>o</sub> <sub>$j$</sub>  = evapotranspiração de referência no dia  $j$ .

Este 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<sub>o</sub> diária, havendo, neste caso, a necessidade de multiplicar a evaporação da água do tanque (ECA) por um coeficiente de tanque ( $K_p$ ), conforme a Tabela 3.

**Tabela 3.** Coeficiente de tanque (Kp) para diferentes condições de cobertura de solo, de níveis de umidade relativa média do ar e de vento de 24 h (DOORENBOS; PRUITT, 1977)\*

		Caso A: tanque exposto em local coberto com vegetação verde			Caso B: tanque exposto em local de solo nu			
UR** média (%)		Baixa < 40	Média 40 – 70	Alta > 70		Baixa < 40	Média 40 – 70	Alta > 70
Vento (km/dia)	Bordadura (R) m				Bordadura (R) m			
Leve	1	0,55	0,65	0,75	1	0,70	0,80	0,85
< 175	10	0,65	0,75	0,85	10	0,60	0,70	0,80
(<2 m/s)	100	0,70	0,80	0,85	100	0,55	0,65	0,75
	1000	0,75	0,85	0,85	1000	0,50	0,60	0,70
Mode-	1	0,50	0,60	0,65	1	0,65	0,75	0,80
rado	10	0,60	0,70	0,75	10	0,55	0,65	0,70
175-425	100	0,65	0,75	0,80	100	0,50	0,60	0,65
(2-5m/s)	1000	0,70	0,80	0,80	1000	0,45	0,55	0,60
Forte	1	0,45	0,50	0,60	1	0,60	0,65	0,70
425-700	10	0,55	0,60	0,65	10	0,50	0,55	0,65
(5-8m/s)	100	0,60	0,65	0,70	100	0,45	0,50	0,60
	1000	0,65	0,70	0,75	1000	0,40	0,45	0,55
Muito	1	0,40	0,45	0,50	1	0,50	0,60	0,65
Forte	10	0,45	0,55	0,60	10	0,45	0,50	0,55
> 700	100	0,50	0,60	0,65	100	0,40	0,45	0,50
(>8 m/s)	1000	0,55	0,60	0,65	1000	0,35	0,40	0,45

\* para obter ETo:  $ETo = Kp \times ECA$  (ECA é a evaporação da água no tanque Classe A)

\*\* umidade relativa (UR)

Exemplo:

Qual é a lâmina líquida de irrigação (LL) da cultura do milho na fase 3, cujo momento da irrigação é estabelecido com um sensor no solo (tensiômetro) quando indica o valor de -70 kPa? A evaporação do tanque Classe A (ECA) foi medida diariamente conforme a tabela abaixo (o vento local durante as medições de ECA esteve abaixo de 2 m/s, a umidade relativa abaixo de 40% e o tanque estava sobre grama verde num raio de 100 m).

dia	Potencial da água no solo (kPa)	ECA (mm)
20	-5	7,2
21	-10	6,1
22	-23	5,9
23	-47	7,8
24	-58	4,7
25	-70	6,6

Solução:

O primeiro passo é determinar o coeficiente do tanque ( $K_p$ ) e, em seguida, os valores diários da evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ). Pela Tabela 2, para  $UR < 40\%$ , velocidade do vento  $< 2$  m/s e raio de bordadura com vegetação verde de 100 m, o valor de  $K_p = 0,70$  (Tabela 2). Com isso, obtêm-se os valores da  $ET_o$  ( $ET_o = K_p \times ECA$ ) da seguinte forma:

dia	Potencial de água no Solo (kPa)	ECA (mm)	$ET_o$ (mm) $K_p = 0,70$
20	-5	7,2	5,04
21	-10	6,1	4,27
22	-23	5,9	4,13
23	-47	7,8	5,46
24	-58	4,7	3,29
25	-70	6,6	4,62

O coeficiente de cultura ( $K_c$ ) para uma condição de  $ET_o$  moderada (média de 4,47 mm/dia) na fase 3 do milho é 1,23 (Tabela 1), portanto usando-se a equação 6 determina-se a lâmina líquida de irrigação na fase 3 ( $LL_3$ ):

$$LL_3 = Kc_3 \times \sum_{j=1}^6 ET_{o_j}$$

$$LL_3 = 1,23 \times (5,04 + 4,27 + 4,13 + 5,46 + 3,29 + 4,62)$$

$$LL_3 = 1,23 \times 26,81 = 33,0 \text{ mm}$$

#### d. Irrigação do dia do plantio e dos dias próximos subsequentes

É recomendável que a irrigação do dia do plantio ou da semeadura se faça de modo a umedecer uma profundidade de solo pré-estabelecida 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:

$$LL_{\text{plantio}} = \frac{(CC - U_{in})}{10} \times d \times Prof \quad (7)$$

em que:

$LL_{\text{plantio}}$  = lâmina líquida de irrigação a ser aplicada no dia do plantio, em mm;

CC = umidade do solo na capacidade de campo, em %peso;

$U_{\text{in}}$  = umidade inicial do solo, ou seja, no dia do plantio, em %peso;

d = densidade do solo, em  $\text{g cm}^{-3}$ ;

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 ( $Z_{\text{max}}$ );

10 = constante necessária para conversão de unidades.

A umidade inicial ( $U_{\text{in}}$ ) pode ser determinada pelo método gravimétrico por meio 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 se limita à profundidade de semeadura ( $Z_0$ ) e um pouco além dela. Portanto, é de fundamental importância manter o solo sempre úmido nesse período de pré-emergência. A maior perda de água pelo solo nesse período é por causa da evaporação pela sua superfície.

Exemplo:

Qual é a lâmina líquida de irrigação (LL) da cultura do milho no dia do plantio, considerando-se que se deseja umedecer o perfil do solo até atingir a profundidade máxima efetiva do sistema radicular ( $Z_{\text{max}}$ ) de 40 cm e que a umidade inicial ( $U_{\text{in}}$ ) média entre 0 e 40 cm era de 28% peso? Dados: CC = 36% peso e  $d = 1,1 \text{ g/cm}^3$ .

Solução:

Usando-se a equação 7 para determinar a LL obtém-se:

$$LL_{\text{plantio}} = \frac{(36 - 28)}{10} \times 1,1 \times 40$$

$$LL_{\text{plantio}} = 0,8 \times 1,1 \times 40 = 35,2 \text{ mm}$$

### e. Lâmina bruta de irrigação (LB)

A lâmina bruta de irrigação (LB) é baseada na lâmina líquida de irrigação (LL), eficiências 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:

$$LB = \frac{LL}{Ef} + Lr \quad (8)$$

em que:

LB = lâmina bruta de irrigação, em mm;

LL = lâmina líquida de irrigação, em mm;

Lr = 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 foi benéficamente utilizada para o uso consuntivo da cultura. Ef é basicamente uma função da uniformidade de aplicação, mas depende também de perdas menores (escoamento superficial, vazamentos, fluxos na rede e drenagem), perdas inevitáveis (percolação profunda, por causa do 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 semiáridos, há necessidade de 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, é importante realizar testes de uniformidade de aplicação de água nos diversos sistemas de irrigação existentes.

## f. 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 qualquer tipo de estresse (abiótico ou biótico), os valores aproximados do consumo de água pela cultura por fase do ciclo fenológico (conforme a Figura 5) estão apresentados na Tabela 4, em função de demandas evaporativas baixa, moderada, alta e muito alta.

**Tabela 4.** Valores aproximados do consumo de água pela cultura do milho (em mm), 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).

Demanda evaporativa*	Fase 1**	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Total
<b>Baixa</b>	70	130	175	75	450
<b>Moderada</b>	65	140	210	85	500
<b>Alta</b>	60	150	240	100	550
<b>Muito Alta</b>	60	165	260	115	600

\*Demanda evaporativa conforme a Tabela 1.

\*\*Fases do ciclo fenológico como mostradas na Figura 5.

## g. Recursos da informática



Para a programação da irrigação da cultura do milho, há alguns recursos computacionais disponíveis, como uma planilha eletrônica publicada por Albuquerque (2007), ou o *software* Irrigafácil que está disponível na web (IRRIGAFÁCIL, 2013).

## 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.

## 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 é feita no documento "Seleção do Sistema de Irrigação". Nesse tópico serão comentados apenas os métodos e sistemas mais apropriados para a cultura do milho.

### Irrigação por superfície

No método de irrigação por superfície (Figura 5), 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.



**Figura 8.** Irrigação por superfície na cultura do milho.

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 6). 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.

Fotos: Camilo L. T. Andrade



**Figura 9.** Áreas preparadas com sulcos e após plantio e irrigação, ambas sistematizadas com laser.

## Irrigação por aspersão

No método da aspersão, jatos de água lançados ao ar caem sobre a cultura na forma de chuva (Figura 7). 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 totalmente 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 mais usados de irrigação por aspersão são apresentados e discutidos a seguir.

Foto: Camilo L. T. Andrade



**Figura 10.** Irrigação por aspersão convencional em área experimental de milho.

### **(A) Aspersão Convencional**

Podem ser fixos, semifixos ou portáteis. Nos sistemas fixos, tanto as linhas principais quanto as laterais permanecem na mesma 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 8).

Foto: Camilo L. T. Andrade



**Figura 11.** 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.

### **(B) 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 9).

Foto: Camilo L. T. Andrade



**Figura 12.** 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, pode 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.

### **(C) 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 10).

O suprimento de água é feito através do ponto pivô, requerendo que a água seja conduzida até o centro por adutora enterrada ou que a fonte de água esteja no centro da área. Pivôs podem 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 suportadas, enquanto outros autores indicam que essa declividade máxima só pode ser tolerada na direção.

Foto: Walfrido Machado Albernaz. Emater-MG



**Figura 13.** Sistema pivô central.

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 apresentar 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 superfície, em função da textura do solo. São sistemas que permitem alto grau de automação.

### **(D) Deslocamento linear**

A lateral tem estrutura e mecanismo de deslocamento similar à do pivô central, mas desloca-se continuamente, em posição transversal e na direção longitudinal da área. Todas as torres deslocam-se com a mesma velocidade. O suprimento de água é feito através de canal ou linha principal, dispostos no centro ou na extremidade da área (Figura 11). 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 recomendado para áreas retangulares planas e sem obstrução.



**Figura 14.** Sistema de irrigação por deslocamento linear.  
Fonte: FOCKINK.

### (E) 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 12). O solo deve ter alta taxa de infiltração ou ser preparado com sulcos e microdepressões.



**Figura 15.** Sistema de irrigação do tipo LEPA.  
Fonte: USDA-ARS.

## 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 poroso 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 freqüentes 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.

### (A) Gotejamento

No sistema de gotejamento, a água é aplicada de forma pontual na superfície do solo (Figura 13). 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.

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.

Foto: Camilo L. T. Andrade



**Figura 16.** Sistema de irrigação por gotejamento em área experimental de milho.



## (B) Subsuperficial

Atualmente, as linhas laterais de gotejadores ou tubos porosos estão sendo enterrados, de forma a permitir a aplicação subsuperficial da água (Figura 14). 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 17.** Sistema de irrigação localizada subsuperficial instalado com detalhe do equipamento de instalação à direita.

Fonte: T-Tape, EUA Fonte: Plasto, Israel.

## 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, estado de Tocantins.

## 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 sumarizados na Tabela 2 e discutidos a seguir, juntamente com outros fatores importantes.

**Tabela 2.** Fatores que afetam a seleção do método de irrigação.

Método	Fatores			
	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 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 abaixo da zona das raízes, ou lençol freático alto que possa ser controlado.	Adaptável à cultura do milho desde que o solo não fique encharcado o tempo todo. Pode prejudicar a germinação.	Não tem efeito.

Fonte: Adaptado de Turner (1971) e Gurovich (1985).

## 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.

## Solos

Solos com velocidade de infiltração básica maior que 60 mm/h devem ser irrigados por aspersão ou com irrigação localizada. Para velocidades de infiltração inferiores a 12 mm/h, 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 exposição 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.

## 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.

## 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.

## 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, consequência da Lei 9433/97, que determina a cobrança pelo uso da água em todo o país.

## 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 irrigação. 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.

## 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.

## Considerações finais

A seleção do sistema de irrigação mais adequado é o resultado do ajuste entre as condições existentes e os diversos sistemas 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.

## Quimigação

### Introdução

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 também proceder à calibração periódica dos equipamentos (Brito & Costa, 1998).

## 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.

## 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 concentração da solução a ser aplicada depende das recomendações agrônomicas estabelecidas para a cultura e do manejo a ser usado na aplicação.

A área a ser irrigada e o tempo requerido por cada posição da(s) linha(s) lateral(ais) são informações que devem estar disponíveis, para que se possa calcular as quantidades de produto/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.

## 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):

## Quantidade de produto a ser injetada

Para calcular a quantidade de produto a ser injetada, pode-se usar a fórmula:

$$Q_i = \frac{E_a E_l N_a P_d}{10.000} \quad (\text{eq. 1})$$

onde  $Q_i$  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).

## 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 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 ( $\text{g}/\text{m}^3$ ,  $\text{mg}/\text{L}$  ou  $\text{ppm}$ );  $Q$  é a vazão do sistema de irrigação ( $\text{m}^3/\text{h}$ );  $V_a$  é a capacidade do tanque ( $\text{m}^3$ );  $q_i$  representa a taxa de injeção ( $\text{m}^3/\text{h}$ );  $P$  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.

## 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:

$$N_T = \frac{P_d A}{P Q_p} \quad (\text{eq. 3})$$

onde  $Q_p$  representa a quantidade do produto (sólido) em cada tanque, que nesta fórmula é comumente usado em kilograma (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 m<sup>3</sup>/hr, espaçamento igual entre linhas e entre aspersores, de 18 m. As seguintes informações são disponíveis:

- concentração desejada na água de irrigação,  $C_a = 250$  ppm de N;
- capacidade de injeção da bomba,  $q_i = 0,50$  m<sup>3</sup> /h;
- capacidade do tanque,  $V_a = 400$  L (0,40 m<sup>3</sup>);
- dose recomendada do nutriente (N),  $P_d = 50$  kg/ha de N;

Calcular:

- a quantidade de nutriente (N) a ser aplicado, por lateral;
- a quantidade de fertilizante sólido (uréia), a ser colocada em cada tanque;
- o número necessário de tanques, por aplicação.

*Solução:*

- quantidade de N a ser injetada, em cada lateral.

Usando a eq. 1, tem-se:

$$Q_i = \frac{(18)(18)(12)(50)}{10.000} = 19,44 \text{ kg}$$

como a uréia tem 45% de N, esses 19,44 kg equivalem a 43,2 kg de uréia.

- quantidade de fertilizante sólido (uréia), a ser colocada em cada tanque.

Como cada lateral contém 12 aspersores, com vazão individual de 3 m<sup>3</sup>/h, a vazão na lateral,  $Q$ , será de 36 m<sup>3</sup>/h. 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. Como o tanque tem capacidade de 400 litros, para diluir 16 kg de uréia, isso equivale a uma solubilidade de 4 kg/100L, 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  $12 \times 324 \text{ m}^2 = 3.888 \text{ m}^2$ , ou aproximadamente 0,39 ha. Usando a eq. 3, obtém-se:

$$N_t = \frac{(50)(0,39)}{(0,45)(16)} \cong 2,7$$

Portanto, serão necessários 3 tanques. Multiplicando-se o número de tanques pela quantidade de uréia a ser colocada em cada um ( $3 \times 16$ ), 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  $43,2/3 = 14,4 \text{ kg}$ .

## Aplicação via pivô central

O sistema pivô central tem sido amplamente usado para quimigação, graças à sua facilidade de automação e 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 60m até aproximadamente 650m, correspondendo a uma área irrigada de 1,31 a 133ha, respectivamente. Os métodos de injeção empregados normalmente utilizam as bombas de deslocamento positivo, que se caracterizam por baixas vazões e altas pressões, ideais para aplicação de produtos químicos via pivô central.

## 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. Esta 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. Estas variáveis estão todas relacionadas e a taxa de injeção pode ser calculada pela equação:

$$q_i = \frac{P_d r^2 v_t V_a}{20.000 r_t Q_p} \quad (\text{eq. 4})$$

onde  $q_i$  é a taxa de injeção (L/min);  $P_d$  é a dose do produto na área irrigada (kg ou L/ha);  $v_t$  é velocidade do pivô na última torre (m/min);  $r_t$  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  $\text{m}^2/\text{ha}$ . 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), pode ser realizado utilizando a seguinte expressão:

$$C_a = \frac{q_i \left( \frac{Q_p}{V_a} \right)}{60Q} 10^6 \quad (\text{eq. 5})$$

onde  $Q$  representa a vazão do sistema de irrigação (L/s).

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 a seguinte fórmula:

$$Q = 3,636(10)^{-5} \frac{r^2 L_j}{U_j} \quad (\text{eq. 6})$$

onde  $L_j$  é a lâmina média aplicada (mm/d); e  $U_j$  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:

$$N_T = \frac{2\pi r_t q_i}{v_t V_a} \quad (\text{eq. 7})$$

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 de uréia, através de um pivô central com raio irrigado de 400 m. O equipamento irá deslocar-se numa velocidade de 2,5 m/min, 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 taxa de injeção necessária para aplicar uréia uniformemente;
- a concentração do produto na água de irrigação, sabendo que a vazão no sistema de irrigação é de 47,5 L/s;
- o volume total de solução necessário para aplicação da dose requerida em toda a área desse pivô central.

*Solução:*

Sendo o raio irrigado de 400m, a área total é  $\pi (400)^2 = 502.654 \text{ m}^2$ , ou 50 ha. Com a dose de 20 kg/ha, isso representa um total de 1000 kg de uréia a serem aplicados.

- a. Taxa de injeção:

Usando a eq. 4

$$q_i = \frac{(20)(400)^2 (2,5)(800)}{20.000(385)(360)} = 2,31 \text{ L / min}$$

- 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 fosse o caso de produto com maior nível de toxidez, este 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 3 tanques. Ajustando-se os 1000 kg de uréia para 3 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.

## 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, segurança ambiental 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 tem a capacidade de 200 a 400 L. A taxa de injeção de pesticidas, em média, está em torno de 30 a 200 mL/min. 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 litros, 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 pode-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 10 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 10 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. Este procedimento deve ser repetido até obter a vazão desejada de 20 litros em 10 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/min) (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 imediatamente entra 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. Isto 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 a aproximadamente a 30 a 360 L/h 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).

### **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 comprimento 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.  $(240\text{m} \times 6\text{m} \times 6) / (10.000\text{m}^2/\text{ha}) = 0,86 \text{ ha}$ .

$$A = \frac{\pi r^2}{10000}$$

(b). Determinar a quantidade necessária do produto químico por hectare (especificação do produto).

*Exemplo:*

Dose de 4 L/ha.

(c). Determinar a quantidade total de produto químico necessária, multiplicando-se a área irrigada pela quantidade do produto por hectare:  $0,86 \text{ ha} \times 4 \text{ L/ha} = 3,44 \text{ L}$  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.

(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):  $(28 \text{ mm}) / (7\text{mm/h}) = 4 \text{ h}$  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):  
 $50 \text{ L} / 2 \text{ h} = 25 \text{ L/h}$ .

(i). Ajustar a taxa de injeção da bomba para 25 L/h, 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.

## Pivô central

(a). Determinar a área irrigada pelo pivô central. O cálculo é:  
 onde A é área irrigada (ha) e r é o raio máximo molhado (m).

*Exemplo:*

Se  $r = 280 \text{ m}$

$$\text{Área} = \pi \frac{(280 \times 280)}{10000} \cong 24,6 \text{ ha}$$

(b). Determinar a quantidade total de produto químico a ser aplicado, multiplicando-se a área irrigada pela quantidade de produto por hectare.

*Exemplo:*

Supondo-se uma dose recomendada para o produto de 3 L/ha, tem-se:

Volume =  $24,6 \text{ ha} \times 3 \text{ L/ha} = 73,8 \text{ L}$  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:

$$C = 2 \cdot \pi \cdot r$$

onde 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:

$$\frac{1570,8 \text{ m}}{2 \text{ m/min}} = 785,4 \text{ min} = 13,1 \text{ h por revolução}$$

(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 L/h, para assegurar a correta aplicação do produto.

(h). Deixar o pivô central em operação por tempo suficiente (normalmente em torno de 5 minutos) após o término da injeção, para assegurar que a solução foi completamente removida do sistema de irrigação.

**Autores deste tópico:** Camilo de Leles Teixeira de Andrade, Paulo Emilio Pereira de Albuquerque, Ricardo A. L. Brito



## Plantas daninhas

As plantas daninhas representam sérios problemas para as culturas agrícolas pelos múltiplos prejuízos que ocasionam, quer dificultando ou onerando os tratos culturais, quer determinando perdas na produção pela concorrência por água, luz, nutrientes ou espaço físico. Há instituição, quando de sua ocorrência, de um processo competitivo, quando cultura e plantas daninhas se desenvolvem juntamente.

As pernicias causadas pela presença dessas plantas, entretanto, não se imputam exclusivamente à competição, mas sim a uma resultante total de pressões ambientais, as quais podem ser de efeito direto, como a própria competição e a alelopatia, ou indireto, tal qual o alojamento de insetos, doenças, interferência na colheita e outros. Esse efeito total denomina-se interferência, cujo grau de imposição à cultura do milho pelas infestantes é dado pela composição florística (por espécies que ocorrem na área, densidade e distribuição espacial da comunidade infestante), pelo período de convivência entre daninhas e cultura, por peculiaridades da cultura - espécie ou cultivar - como também por fatores relacionados à densidade de plantio e ao espaçamento entre filas de semeadura.

É notória a relevância da competição por nutrientes essenciais, pois estes, na maioria das vezes, são restritos. Ainda que o milho seja eficiente na absorção de tais elementos, não consegue acumular em si nutrientes, como as plantas daninhas fazem. Em condições de competição, o nitrogênio é um dos nutrientes de maior limitação entre milho e planta daninha. Assim, a adubação nitrogenada merece destaque em condições de alta infestação.

A disputa por espaço é configurada no momento em que a planta de milho assume uma arquitetura diferente daquela que possuiria quando isenta da presença de outras plantas, tendo alterada, por exemplo, a disposição de suas folhas, haja visto que o espaço que deveria ocupar encontra-se preenchido por outra planta. Sendo a planta do milho, sensível a tal condição de estresse, a mudança de sua conformação representa sérios prejuízos na produção.

O termo alelopatia, por sua vez, designa a ação de uma planta daninha exsudar substâncias químicas nocivas ao desenvolvimento de indivíduos da própria ou especialmente de outras espécies. Diversas plantas daninhas detêm capacidade alelopática que afetam o desenvolvimento do milho, como 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, reduções médias motivadas pela interferência resultante da convivência do milho com infestantes têm sido descritas como da ordem de 13,1%. De modo que, em casos aparte de métodos de controle, esta redução pode chegar a aproximadamente 85% quando estas plantas não forem manejadas corretamente.

Dentre as plantas daninhas existentes, tem-se observado, no Brasil, em lavouras de milho, a ocorrência tanto de espécies dicotiledôneas, como *Amaranthus spp* (caruru), *Cardiospermum halicacabum* (balãozinho), *Bidens spp.* (picão -preto), *Euphorbia heterophylla* (leiteira), *Ipomoea spp* (corda - de- viola), *Raphanus sativus* (nabiça), *Richardia brasiliensis* (poaia -branca), *Commelina benghalensis* (trapoeraba) e *Sida spp.* (guanxuma), quanto de monocotiledôneas, como *Brachiaria spp* (papuã), *Cenchrus echinatus* (timbete), *Digitaria spp* (colchão), *Echinochloa spp* (capim arroz), *Eleusine indica* (capim pé- de- galinha) e *Panicum maximum* (colonião).

De modo geral, as espécies monocotiledôneas causam maiores prejuízos ao rendimento do milho do que as espécies dicotiledôneas. A composição das plantas daninhas vem sendo alterada em função de sua dinâmica populacional, de práticas culturais ineficientes e da utilização inadequada de produtos herbicidas, ocasionando elevação dos custos de produção e maiores impactos ambientais.

## Objetivos do manejo de plantas daninhas

O manejo integrado tem o intuito de tornar próspera a redução de espécies indesejadas durante o período crítico de competição, fase em que a convivência com as plantas daninhas pode causar danos irreversíveis à cultura, com consequente prejuízo ao rendimento .

Não obstante, o manejo também propicia a otimização da colheita mecanizada, poupando a proliferação de plantas daninhas, sendo garantida 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 que os principais objetivos são:

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

## Prevenção de perdas acerca da competição

O entendimento da volubilidade, ano a ano, dos potenciais prejuízos causados por plantas daninhas ganha voga, variando o dano conforme as condições climáticas, de tipos de solo, de comunidade de plantas daninhas, de sistemas de manejo (rotação de culturas, plantio direto) etc. Assim, é necessário que o produtor de milho conheça as possíveis perdas que as plantas daninhas venham a ocasionar em sua lavoura, uma vez que deste cuidado far-se-á subsídio para o plano de manejo.

## Subsídios às condições de colheita

Os métodos de manejo da comunidade infestante poderão também ser utilizados para favorecer a colheita e não apenas para evitar a competição inicial. Às plantas daninhas que germinam, emergem e desenvolvem em meio à lavoura de milho, passado o período crítico de competição, não é devotada tamanha atenção, por não acarretarem perdas na produção. Todavia, as colheitas manual e mecânica podem sofrer contratemplos. Na primeira, por exemplo, a presença da espécie *Mimosa invisa* Mart. Ex Colla, popularmente conhecida como malistra ou dormideira, bem como o *Cenchrus echinatus* (capim carrapicho), podem provocar ferimentos nas mãos dos trabalhadores. A segunda, quando realizada em lavouras com alta infestação de corda-de-violão (*Ipomoea sp.*) e trapoeraba (*Commelina sp.*) pode ser inviabilizada, por ocasião do embuchamento dos componentes da plataforma de corte da colhedora.

## Precauções quanto ao aumento da infestação

Parte do escopo do manejo de plantas daninhas remete-se à produção sustentada. Terminada a colheita da safra, com a permanência da terra em pousio, firmar-se-á a produção de sementes das espécies daninhas, condição esta que propicia o incremento de sementes das infestantes no solo, dificultando o manejo na safra seguinte. O não controle da produção de sementes proporciona maior emergência de plantas ano a ano, intensifica a dependência do uso de herbicidas, o que reflete diretamente no custo do manejo e implica menores lucratividades.

Em um sistema de produção sustentado, a manutenção da população de plantas daninhas em baixos níveis de infestação é imprescindível. 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 realizadas para que não ocorra produção de sementes e/ou outros propágulos.

## A questão ambiental

Finalmente, o último objetivo do manejo integrado é intrínseco ao controle químico, que no atual sistema de produção de milho é realizado em grande parte das áreas de plantio com herbicidas. Herbicidas são substâncias químicas que apresentam diferentes características físico-químicas e, portanto, comportamento ambiental distinto. Concorde a suas propriedades, como o coeficiente de adsorção ( $K_d$ ), a constante da lei de Henry e, principalmente, a meia-vida do composto no solo, ar e água ( $T_{1/2}$ ), a formulação herbicida usada pode ser uma fonte contaminação de diferentes compartimentos ambientais, como água, ar e solo, não somente pontualmente, ou seja, nos locais em que forem aplicados, mas também em áreas adjacentes, podendo atingir áreas distantes do ponto de sua aplicação.

Produtos voláteis (que se transformam em gases) poderão contaminar o ar, produtos lixiviáveis (que sofrem movimentação no perfil do solo) poderão atingir o lençol freático subterrâneo, sendo que os ingredientes alocados nos sedimentos poderão afetar águas superficiais via transporte ou estando aí dissolvidos. 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.

## Métodos de controle de plantas daninhas

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

### Controle preventivo

O controle preventivo tem como objetivo evitar a introdução ou a disseminação de plantas daninhas nas áreas de produção. 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, a limpeza de máquinas e de implementos ante cercas e estradas, em terraços, em pátios, 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.

## Controle cultural

Este método de controle consiste na utilização das características da cultura e do meio ambiente para aumentar a competitividade da cultura do milho, favorecendo o crescimento e o desenvolvimento das plantas, tais como:

- a. **uso de variedades adaptadas às regiões:** o uso de cultivares que se desenvolvem mais rapidamente e cobrem o solo de maneira mais intensa, sofrendo menos com a interferência que venha a surgir, controla melhor as plantas daninhas. Assim, devem-se escolher as cultivares mais adaptadas à região, capazes de apresentar resistência ou tolerância às principais pragas e doenças que predominam na área e que sejam mais agressivas em seu crescimento, além de apresentarem boa produtividade.
- b. **densidade de semeadura:** a densidade de plantio, definida como o número de plantas por unidade de área, é fator importante para o rendimento de uma lavoura. Cada cultura apresenta uma densidade ótima (quando o rendimento é máximo), que é variável para cada situação e depende de três condições: cultivar; disponibilidade hídrica; e disponibilidade de nutrientes. A existência de alterações nesses fatores afetará a densidade ótima de plantio.
- c. **espaçamento do milho:** o arranjo equidistante das plantas de milho, com a redução do espaçamento entre fileiras, diminui o potencial de crescimento das plantas daninhas devido à redução da quantidade de luz que penetra pela cultura. Qualquer modificação no arranjo de plantas deve respeitar as características do ambiente e da cultivar.
- d. **época de plantio do milho:** a época mais adequada para o plantio do milho é aquela em que o período de floração coincida 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, desde que sejam satisfeitas as necessidades de água da planta. Na região Sul do Brasil, o milho costuma ser plantado de agosto a setembro; enquanto que, nos estados do Centro-Oeste e do Sudeste, a época de plantio varia de outubro a novembro.
- e. **uso de cobertura morta:** a manutenção da cobertura vegetal sobre o solo diminui a emergência de plantas daninhas devido aos efeitos físicos e alelopáticos dessas plantas, quando em comparação com o solo descoberto.
- f. **alelopatia:** as plantas daninhas podem ter seu desenvolvimento suprimido ou estimulado por meio de plantas vivas ou de seus resíduos, os quais liberam substâncias químicas no ambiente. O uso de aleloquímicos obtidos a partir de plantas pode ser na forma de herbicidas, uma vez que são produtos naturais biodegradáveis e não persistem no solo como poluentes. A adição da parte aérea da leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit) ao solo proporciona menor desenvolvimento das plantas daninhas, devido aos efeitos físicos da cobertura e alelopáticos, através da liberação para o solo de substância com ação alelopática. Assim como a leucena, há efeito alelopático das culturas de aveia, sorgo, centeio, nabo forrageiro e colza capaz de reduzir a densidade de plantas daninhas.
- g. **rotação de culturas:** a alternância do cultivo de diferentes espécies vegetais em sequência temporal numa determinada área proporciona menor infestação de plantas daninhas do que um sistema de sucessão de culturas contínuo. Além disto, a rotação de culturas permite a realização de rotação de herbicidas em uma mesma área de cultivo, dificultando a perpetuação de espécies e o aparecimento de biótipos resistentes.

## Métodos mecânicos de controle

### Capina manual

Esse método é amplamente utilizado em pequenas propriedades. 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. Este método de controle demanda grande quantidade de mão-de-obra, visto que o rendimento desta operação é de aproximadamente 8 dias homem por hectare.

## Capina mecânica

A capina mecânica usando cultivadores, tracionados por animais ou tratores, ainda é utilizada no Brasil. As capinas mecânicas, assim como as manuais, devem ser realizadas nos primeiros 40 a 50 dias após a semeadura da cultura. Neste período, os danos ocasionados à cultura são minimizados, se comparados com os possíveis danos (quebra e arranque das plantas de milho) em capinas realizadas tardiamente. A exemplo da capina manual, a mecânica deve ser realizada superficialmente em dias quentes e secos, com o solo com pouca umidade, aprofundando-se as enxadas o suficiente para o arranque ou o corte das plantas daninhas.

## Método químico

O método de controle químico consiste na utilização de produtos herbicidas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e em secretarias de Agricultura para a cultura do milho (Tabela 1). Ao se pensar em controle químico para a lavoura de milho, várias considerações devem ser feitas, sendo necessário conhecer a seletividade do herbicida para a cultura e, principalmente, sua eficiência no controle das principais espécies daninhas na área cultivada. O uso de herbicidas, por ser uma operação de elevado custo inicial, é indicado para lavouras de porte médio e grande com alto nível tecnológico, onde a expectativa é de uma produtividade acima de 4.000kg/ha. A seleção de um herbicida deve ser baseada em avaliação das espécies de plantas presentes na área a ser tratada, bem como nas características físico- químicas dos produtos.

A classificação dos herbicidas é feita de acordo com o seu comportamento quando aplicado a uma cultura: pode ser segundo a época de aplicação, a atividade, a seletividade ou o modo de ação.

### a. Época de aplicação

Os herbicidas são classificados conforme a época de aplicação em relação às plantas daninhas e à cultura. Essa classificação considera maximizar o controle e a seletividade dos herbicidas, dividindo os mesmos em três categorias: pré-plantio- incorporado; pré-emergência; e pós-emergência. Os herbicidas de pré-plantio- incorporado são aplicados antes do plantio e necessitam ser incorporados ao solo para uma melhor eficiência no controle das plantas daninhas. Os herbicidas de pré- emergência são aplicados após o plantio da cultura, mas antes da emergência das plantas daninhas e da cultura. Os herbicidas de pós-emergência são aplicados depois da emergência das plantas daninhas, antes ou depois da emergência do milho. A época exata da aplicação dos herbicidas de pós-emergência pode variar em função da cultura, do herbicida e das plantas daninhas presentes na área. Os herbicidas de pós- emergência, considerados dessecantes, são utilizados no manejo das plantas daninhas no sistema de plantio direto antes do plantio da cultura.

### b. Atividade

Herbicidas podem ser classificados como sistêmicos ou de contato. Os herbicidas sistêmicos são aqueles que necessitam serem absorvidos e translocados dentro das plantas para que o produto torne-se eficiente no controle das plantas daninhas. Os herbicidas de contato são aqueles produtos que atuam simplesmente pelo contato com as plantas, não havendo translocação para dentro das mesmas.

### **c. Seletividade**

A seletividade dos herbicidas depende principalmente do grau de tolerância das plantas a estes produtos. Os herbicidas podem ser classificados como seletivos ou não seletivos. Os seletivos são aqueles que podem ser aplicados na cultura do milho, pois o mesmo apresenta tolerância ou resistência baseada em algum modo de detoxificação do herbicida. Os considerados não seletivos são aqueles herbicidas que, quando aplicados na cultura, podem ocasionar morte das plantas. Fatores como estágio de desenvolvimento das plantas, morfologia, absorção, translocação, condições ambientais, época de aplicação e metabolismo são importantes fatores na determinação da seletividade do herbicida.

### **d. Modo de ação**

Apesar de ser uma forma usada para classificar herbicidas, o modo de ação não é baseado na melhora de controle das plantas daninhas. Essa classificação atualmente apresenta grande importância no manejo (seleção) dos herbicidas. Com o aparecimento de plantas daninhas resistentes a alguns herbicidas, a rotação de produtos vem sendo preconizada principalmente baseada nesta forma de classificação. Os modos de ação de alguns herbicidas utilizados na cultura do milho podem ser vistos na Tabela 1.

É de grande importância verificar a persistência média no solo dos herbicidas utilizados nas culturas antecessoras, uma vez que eles podem tornar-se fitotóxicos para a cultura seguinte. Levar em consideração, ainda, na escolha de um herbicida para o controle de plantas daninhas o intervalo de segurança, que é o intervalo mínimo entre a aplicação e a colheita da cultura.

O aparecimento de plantas daninhas resistentes a herbicidas depende de vários fatores, como adaptabilidade ecológica e capacidade de se proliferar, longevidade e dormência das sementes da espécie ou do biótipo sob seleção, frequência de utilização de herbicidas com mesmo mecanismo de ação e a sua persistência no solo, bem como a eficácia do herbicida e os métodos adicionais empregados no controle das plantas daninhas.

Quando uma população de plantas daninhas resistentes se estabelece em determinada área, a eficácia do controle através da utilização de herbicidas diminui. Para prevenir ou retardar o aparecimento de plantas resistentes a herbicidas, são recomendados: a utilização de rotação de culturas; o manejo adequado dos herbicidas; a prevenção da disseminação de sementes através do uso de equipamentos limpos; a limpeza dos equipamentos através de bombas de água ou ar comprimido para remoção das sementes; o monitoramento da evolução inicial da resistência; e o controle das plantas daninhas suspeitas de resistência, antes que as mesmas produzam sementes.

## **Métodos de aplicação de herbicidas**

A eficiência de aplicação de qualquer herbicida depende da uniformidade e da correta aplicação. Problemas na ineficiência do controle de plantas daninhas, na maioria dos casos, estão relacionados à tecnologia de aplicação. Problemas comuns nas aplicações ocorrem devido à deficiência na

calibragem do pulverizador (46%), na realização da mistura dos produtos (5%) e na combinação dos dois (12%). A maioria das aplicações de herbicidas são realizadas com tratores (sistemas hidráulicos), embora a aplicação via água de irrigação tenha aumentado nos últimos anos.

## Controle de plantas daninhas em pré-plantio

No sistema de plantio direto, o trabalho do arado e da grade é substituído pela aplicação de herbicidas capazes de matar as plantas daninhas presentes e de formar uma massa vegetal de cobertura do solo, a chamada palhada. O período entre a aplicação do herbicida e a semeadura da cultura varia com as características do herbicida, a dose utilizada, a cobertura vegetal antecessora, a textura do solo e as condições ambientais. Os principais herbicidas utilizados para este fim são glyphosate, glyphosate potássico, 2,4-D, paraquat e glufosinato de amônio.

Os produtos à base de glyphosate são recomendados principalmente para áreas infestadas com plantas daninhas perenes, por serem herbicidas sistêmicos capazes de penetrar na planta pelas folhas e translocar-se via floema até às raízes.

Glyphosate potássico é um herbicida semelhante ao glyphosate, apresentando o mesmo modo de ação. Porém, por causa do radical trimetilsulfônio, penetra mais rápido nas folhas das plantas daninhas que o glyphosate, tornando-se uma boa opção no período chuvoso. O uso de 2,4-D ajuda no controle de folhas largas, principalmente trapoeraba, tolerante a glyphosate e glyphosate potássico.

Ao contrário do glyphosate, os produtos à base de paraquat têm ação de contato, não servindo para o controle de plantas daninhas perenes. O paraquat é um disruptor da membrana celular e tem ação muito rápida. A aplicação de paraquat pode ser feita na véspera do plantio e a adição de um surfactante não iônico no tanque é sempre recomendada. O glufosinato de amônio é também um herbicida de contato, de classe IV, de ação um pouco mais lenta que o paraquat.

## Controle de plantas daninhas em pré-emergência

A pulverização, em plantio convencional do milho, é feita com o solo limpo, destorroado, após o plantio. Porém, antes da emergência da cultura e das plantas daninhas. O herbicida aplicado permanece na superfície do solo, exposto aos raios do sol e ao vento. Para uma boa performance, é preciso que o solo esteja úmido ou que, no caso de solo seco, haja uma garantia de chuva ou de irrigação nas próximas 48 horas. Caso o produto permaneça na superfície do solo sem a umidade para incorporá-lo a terra, as perdas pela forma de vapor e/ou pela decomposição através da luz acabarão por prejudicar a ação do herbicida. Por outro lado, terrenos mal preparados, cheios de torrões, comprometem seriamente a performance do herbicida.

Os herbicidas de pré-emergência, como o próprio nome indica, controlam as plantas daninhas no estágio mais inicial, quando as sementes estão germinando e as plântulas ainda não emergiram. Esses herbicidas, ao contrário do que se pensa, não afetam a germinação das sementes, controlando as plantas daninhas após a sua germinação, durante o período de sua ação no solo. Os herbicidas aplicados devem apresentar poder residual suficiente para manter as plantas daninhas controladas até o final do período crítico de competição. Os principais herbicidas recomendados para o controle das plantas daninhas em pré-emergência na cultura do milho estão indicados na Tabela 1.

A análise dos herbicidas indicados para o controle em pré-emergência de plantas daninhas na cultura do milho permite a observação de que alguns herbicidas, como atrazine, cyanazine e 2,4-D, são eficientes no controle de latifoliadas anuais e exercem pouca ação sobre as gramíneas. Por outro lado,

herbicidas como s- metolachlor, alachlor, acetochlor, dimethenamid, isoxaflutole, trifluralin e pendimethalin apresentam uma ação mais acentuada sobre gramíneas anuais. Plantas daninhas perenes, como a tiririca e a grama seda, são tolerantes aos herbicidas de pré- emergência.

No sistema de semeadura direta, a presença de palha na superfície do solo pode afetar o comportamento de herbicidas aplicados em pré-emergência, pois estes são aplicados sobre a palha, ficando expostos à radiação solar, às altas temperaturas e à adsorção nos resíduos vegetais. O atrazine apresenta boas perspectivas de uso em pré-emergência sobre palhadas, uma vez que é facilmente lixiviado para o solo com chuvas que ocorram logo após a aplicação.

O acetochlor apresenta maior eficiência que o s-metolachlor no controle de gramíneas, quando aplicado sobre a palha no sistema de semeadura direta e sem chuva após a aplicação, porque aquele é mais estável nestas condições. Porém, s- metolachlor, por apresentar estrutura química mais estável e maior adsorção aos coloides orgânicos e minerais do solo, é mais eficiente do que acetochlor e alachlor, quando a chuva remove os herbicidas da palha, levando-os até o solo, onde s- metolachlor é dissipado mais lentamente, resultando em maior persistência e controle das plantas daninhas.

## Controle de plantas daninhas em pós-emergência precoce e inicial

Com o aparecimento de herbicidas de pós-emergência para a cultura do milho, o produtor ganhou em flexibilidade de tempo para sua pulverização. A aplicação pode ser iniciada na pré-emergência, passar pela pós-emergência precoce, atingir a pós- emergência inicial e terminar na pós-emergência tardia. As fases da pós-emergência podem ser assim caracterizadas:

- a. **pós-emergência precoce:** fase que vai desde a emergência até o estágio de duas folhas abertas. É importante salientar que as plantas daninhas ainda são muito pequenas e que as gramíneas ainda não perfilharam;
- b. **pós-emergência inicial:** tem seu início no estágio fenológico de três folhas abertas do milho e vai até a abertura completa da quinta folha. As gramíneas anuais apresentam de um a dois perfilhos e as folhas largas de quatro a seis folhas. Nesta fase da pós-emergência, as perdas culturais não são ainda significativas, podendo estas chegar até 10%;
- c. **pós-emergência tardia:** é caracterizada por perdas culturais mais evidentes (10 a 35%). Neste estágio, a cultura do milho já apresenta a sexta folha completamente aberta, as gramíneas anuais de três a quatro perfilhos e plantas daninhas, como o leiteiro, de seis a oito folhas. Esta fase da pós-emergência é recomendada para o controle das plantas daninhas somente em situações especiais, devido às perdas já ocasionadas pela interferência anterior à aplicação. A aplicação de herbicidas residuais nesta época tem como objetivo aumentar o efeito residual sobre as plantas daninhas de folhas largas, como a corda de viola, e sobre outras plantas daninhas tardias que irão causar problemas na colheita mecanizada.

A exemplo dos herbicidas pré-emergentes, os herbicidas recomendados para a pós-emergência precoce e inicial possuem ação residual variada e, além de controlar as plantas daninhas emergidas, controlam as que ainda irão nascer no período de ação do herbicida. A pulverização deve ser feita em dia não chuvoso para que as gotículas não sejam arrastadas, mas a umidade é muito importante para a ativação no solo e para a absorção foliar. As horas quentes do dia e a baixa umidade relativa do ar (abaixo de 50%) não são recomendadas para a pulverização. Os melhores resultados de pulverização em pós-emergência precoce e inicial têm sido obtidos por produtores que pulverizam nas primeiras horas do dia, com vazão na faixa de 100 a 250L/ha.

Com relação às sulfonilureias, a aplicação exige um intervalo de sete dias para a utilização de inseticidas organofosforados. O ideal, nesse caso, é o uso de inseticidas fisiológicos ou à base de piretroides, manejando as pragas da cultura sem interferir na ação do herbicida.

Os herbicidas recomendados para o controle pós-emergente de plantas daninhas na cultura do milho estão agrupados na Tabela 2.



Os herbicidas do grupo químico das sulfonilureias (nicosulfuron e foransulfuron + iodossulfuron) inibem a acetolactato sintase (ALS), impedindo a síntese de aminoácidos essenciais, como valina, leucina e isoleucina. O sintoma típico de fitotoxicidade ocasionado pela aplicação de sulfonilureias consiste em descoloração da porção mediana da lâmina das folhas centrais da planta, que se encontra em fase de expansão no momento da aplicação, sendo esse sintoma mais expressivo até sete dias após a aplicação do produto. A seletividade da cultura do milho a sulfonilureias deve-se à capacidade do milho em metabolizar o produto em compostos não ativos; portanto, cultivares tolerantes parecem metabolizar sulfonilureias mais rapidamente. A existência de tolerância diferencial de híbridos de milho a sulfonilureias restringe a utilização de nicosulfuron a determinadas cultivares que tolerem o produto.

O herbicida carfentrazone pode ser utilizado para o controle de plantas daninhas dicotiledôneas em pós-emergência. Devido a esta ação, os sintomas de fitotoxicidade podem ser observados dentro de poucas horas após a aplicação, sendo a morte da planta constatada em uma semana. A seletividade detectada nas plantas devido à aplicação de carfentrazone-ethyl deve-se ao metabolismo de detoxificação do composto químico. Cultivares de milho doce e normal apresentam boa seletividade à aplicação de carfentrazone-ethyl.

Dentre os herbicidas registrados para a cultura do milho, encontra-se o mesotrione (2-(4-mesyloxy-2-nitrobenzoyl)cyclohexane-1,3-dione), pertencente ao grupo químico das triquetonas. É classificado como herbicida seletivo, com aplicação em pós-emergência, para o controle de folhas largas anuais e gramíneas na cultura do milho. Deste novo grupo de produtos, recentemente foi registrado junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento o herbicida tembotrione (2-[2-chloro-4-(methylsulfonyl)-3-[2,2,2-trifluoroethoxy)methyl]benzoyl]-1,3cyclohexanedione).

O modo de ação das triquetonas consiste na inibição da biossíntese de carotenoides através da interferência na atividade da enzima HPPD (4-idroxifenilpiruvato-dioxigenase) nos cloroplastos. Os sintomas fitotóxicos observados envolvem o branqueamento das plantas sensíveis, com posterior necrose e morte dos tecidos vegetais em cerca de 1 a 2 semanas. O milho é tolerante às triquetonas devido à sua capacidade de metabolizar rapidamente o herbicida, produzindo metabólitos sem atividade tóxica. A absorção do herbicida ocorre tanto nas raízes quanto nas folhas e nos ramos. Estes herbicidas apresentam baixa toxicidade, com pequeno risco para os mamíferos, os pássaros, o ambiente e as espécies aquáticas.

## Controle de plantas daninhas tardias para beneficiar a colheita

A aplicação dirigida de herbicidas nas entrelinhas do milho tem um caráter complementar, com o objetivo principal de melhorar as condições de colheita, ajudando o controle das chamadas plantas daninhas tardias. Com o advento das aplicações sequenciais, em que as doses dos herbicidas são diminuídas, a aplicação dirigida de herbicidas nas entrelinhas do milho torna-se cada vez mais importante, complementando a aplicação feita na pré-emergência ou nas fases da pós-emergência. Esses herbicidas são aplicados nas entrelinhas do milho, de forma que o jato do pulverizador atinja somente as folhas baixas e não atinja as folhas de cima do milho. Para que isso seja possível, as plantas de milho devem estar no estágio acima de quatro pares de folhas (pós-emergência avançada), com uma altura mínima de 40 a 50cm.

Os herbicidas usados nessa operação não são seletivos para o milho e podem causar injúrias à planta se a pulverização não for direcionada. A pulverização dirigida pode ser feita com um pulverizador costal, aplicando-se o herbicida nas manchas de maior infestação ou, em casos de grandes lavouras, com um pulverizador de barra tratorizado. Para a aplicação tratorizada, recomenda-se o uso de uma barra especial com pingentes de mola que permitam baixar os bicos e dirigir o jato para a base das plantas ou com protetores para evitar a aplicação do herbicida nas plantas de milho. Essa é uma operação limitada pela altura das plantas de milho. Se o milho estiver muito alto, a barra do pulverizador pode quebrar a cana do milho.

Essa modalidade de controle já tem sido adotada e alguns equipamentos já estão disponíveis no mercado. Entre os produtos mais comumente utilizados, estão os herbicidas à base de paraquat e glufosinato de amônio, que têm ação de contato e não apresentam efeito residual. Cuidados devem ser tomados com a aplicação de herbicidas sistêmicos não seletivos, evitando o contato do produto com a planta de milho.

**Tabela 1.** Herbicidas pré-emergentes para o controle de plantas daninhas na cultura do milho.

**Tabela 2.** Herbicidas pós-emergentes para o controle de plantas daninhas na cultura do milho.

## Resistência / tolerância de plantas daninhas

O surgimento de plantas daninhas resistentes a herbicidas sempre estará associado a mudanças genéticas na população em função da seleção ocasionada pela aplicação repetida de um mesmo herbicida ou de herbicidas com um mesmo mecanismo de ação. A variabilidade genética está presente nas populações infestantes e, caso um produto seja sempre utilizado nesta população, as plantas resistentes irão sobreviver, aumentando, nos anos subsequentes, a frequência destas plantas na população até que só ocorram plantas resistentes.

A resistência de plantas daninhas foi primeiramente notificada no Brasil na década de 80 com o surgimento de *Euphorbia heterophylla* resistente a herbicidas inibidores da enzima ALS (acetolactato sintase), conforme relatado no site internacional de monitoramento de plantas daninhas resistentes a herbicidas (<http://www.weedscience.org/in.asp>) (Tabela 1). A partir desta data, outras espécies foram descritas como resistentes, sendo que os herbicidas inibidores da enzima ALS são os produtos que mais selecionaram plantas daninhas resistentes no Brasil e no mundo. Com a introdução das culturas transgênicas resistentes ao herbicida Round up, a pressão de seleção imposta pelas glicinas tende a aumentar e, conseqüentemente, o surgimento de mais populações resistentes a este grupo herbicida deverá aumentar.

A alteração da comunidade infestante pode acontecer em função de herbicidas que selecionem espécies menos sensíveis ao produto utilizado; com o passar do tempo, estas plantas estarão dominando a população. Espécies foram selecionadas na década de 80 com o uso continuado de metribuzin e imazaquin, dificultando o manejo de plantas daninhas na cultura da soja. *Euphorbia heterophylla* e *Acanthospermum hispidum* tornaram-se espécies dominantes em sistemas de produção que utilizavam os dois produtos herbicidas. Mais recentemente, a utilização contínua de sulfonilureias e algumas imidazolinonas contribuiu para a seleção das espécies *Cardiospermum halicacabum*, algumas *Ipomoea*, *Desmodium tortuosum*, *Senna obtusifolia* e outras.

Com a introdução do plantio direto, algumas espécies foram selecionadas em função da troca de produtos herbicidas para o manejo das plantas daninhas. *Digitaria insularis* (capim colchão), *Spermacoce latifolia* (erva quente) e *Erigeron bonariensis* tiveram suas frequências aumentadas em função do novo sistema conservacionista implantado. Atualmente, após a início da soja transgênica, houve um aumento do uso de herbicidas à base de glyphosate e espécies como as *Commelinas* (trapoerabas), *Ipomoeas* (corda de viola), *Richardia brasilienses* (poaia branca), *Tridax procumbens* (erva de touro), *Chamaesyce hirta* (erva de santa luzia), *Chloris polydacyla* (capim branco) e *Boehavia diffusa* (erva tostão) têm aumentado sua incidência nos sistemas de produção que utilizam este grupo de herbicidas.

Para prevenir ou retardar o aparecimento destas plantas, é recomendada a utilização da rotação de culturas, do manejo adequado dos herbicidas, da prevenção da disseminação de sementes através do uso de equipamentos limpos, o monitoramento da evolução inicial da resistência e o controle das plantas daninhas suspeitas de resistência antes que as mesmas produzam sementes.

## Métodos de aplicação de herbicidas

A eficiência de um herbicida é intrínseca à sua aplicação, que deve ser feita de maneira uniforme, pelo uso dos equipamentos adequados a cada tipo de situação. Os problemas verificados na ineficiência do controle de plantas daninhas, na maioria dos casos, está relacionada à tecnologia de aplicação. Relatos são feitos apontando que 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. Embora a aplicação via água de irrigação tenha aumentado nos últimos anos, mais de 90% dos herbicidas ainda são aplicados via trator (sistemas hidráulicos),

### **a. Terrestre**

A calibração 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.

### **b. Aérea**

A principal vantagem da aplicação aérea em relação às aplicações terrestres tratorizadas ou à manual é o menor tempo gasto para tratar uma mesma área. Este método é econômica 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.

### **c. Via irrigação**

A aplicação de herbicidas via água de irrigação é conhecida como herbigação. Embora a adoção deste 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, a 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.

## **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. Nenhum defensivo agrícola sem receituário agrônomo deve ser adquirido. Deve-se proceder sempre à observação da data de validade de produtos a fim de se evitar compras de materiais vencidos ou com embalagens danificadas. Fazer a tríplice lavagem da embalagem após o uso e inutilizá-la por meio de furos constitui benefícios à saúde e ao ambiente. 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.

## **Cuidados na aplicação**

No escopo da aplicação acertada de um herbicida, deve-se atentar para alguns fatores que, inerentes ao ambiente, acabam por influenciar a eficácia do método estabelecido. Desses, as condições climáticas, a umidade relativa do ar, a temperatura e o vento apresentam papel crucial.

Boas condições de umidade favorecem a disponibilidade de água à absorção pela planta, retardam a secagem do produto aplicado e otimizam a transposição do herbicida pela superfície da planta. Em condições arbitrárias, ocorre lentidão do processo de absorção do herbicida devido à compactação da cutícula. Portanto, sob umidades abaixo de 50%, as aplicações de agentes herbicidas devem ser evitadas.

Processos de volatilização e de celeridade na secagem dos ingredientes ativos são beneficiados a temperaturas elevadas, embora tais condições também aumentem a eficiência dos herbicidas, tornando-os mais fitotóxicos para as plantas-alvo, bem como para a cultura do milho. Temperaturas apropriadas são aquelas que se encontram no intervalo de 12 a 35° C podendo haver oscilações conforme o caso.

Clima favorável provém absorção do herbicida na dosagem apropriada, assim como inibe problemas de deriva, que geram possíveis afecções ao ambiente e/ou à saúde humana. O vento em alta velocidade é um elemento relevante, uma vez que intervém diretamente no destino da pulverização, de modo a favorecer que essa alcance o alvo ou desvie, atingindo outro componente. As circunstâncias de maior segurança acerca dos ventos consistem em velocidades na faixa de 3 a 6km/h, correspondente a uma leve brisa que apenas movimentam a folhagem. O uso de bicos de pulverização adequados e a minimização da altura de aplicação são medidas a serem tomadas para reduzir os efeitos do vento sobre aplicações. O início da manhã, o fim da tarde e o início da noite apresentam condições de vento, temperatura e umidade mais apropriados para aplicação de herbicidas.

## Medidas de segurança

No âmbito da proteção do trabalhador, as medidas de segurança devem atender à NCE (Necessidade de Controle de Exposição), que se dá pelo conjunto de medidas preventivas (normas regulamentadoras que tratam da higiene, da limpeza, da manutenção e educacionais) e de proteção (relativas à segurança em relação ao ambiente).

As medidas de proteção estão segregadas em coletivas ou individuais; a primeira é feita, por exemplo, pela seleção de herbicidas menos tóxicos ou pelo uso da direção do vento para afastar o jato pulverizado. Os tipos de cultura e de equipamento também são elementos que afetam a exposição do operador.

Como medida de proteção individual, preconiza-se o uso do EPI (Equipamento de Proteção Individual), que impede o contato direto da substância com o corpo. Esse dispositivo atua como redutor da exposição por meio dos princípios impermeabilização e hidrorrepelência. O EPI deverá ser vestido sobre a roupa comum, sendo ajustado firmemente de modo que os cordões do jaleco e da calça sejam guardados dentro da roupa. As botas devem ser impreterivelmente de PVC, sob a barra da calça, para que o produto escorrido não alcance os pés.

O avental deve ser utilizado com o objetivo de proteger o corpo durante o preparo da calda e da pulverização, devendo ainda ser fabricado em material impermeável e ser de fácil fixação no corpo. A máscara deve impedir a inalação de vapores orgânicos, partículas finas e névoas. O aplicador deve estar barbeado para permitir a aderência correta do respirador ao rosto. A viseira, o boné árabe e as luvas têm o intuito de defender os olhos, o rosto, o couro cabeludo, o pescoço e as mãos das gotas ou da névoa de pulverização. As luvas devem ser de borracha nitrílica ou neoprene, passíveis de uso em todas as formulações.

## Operações pós-colheita

Tem sido observado que os produtores têm deixado que as plantas daninhas cresçam e produzam sementes após a colheita, devido principalmente ao aumento dos custos de mais uma aplicação de um método de controle e pelas dificuldades financeiras que têm passados nos últimos anos. Para evitar ou minimizar o aumento da população de plantas daninhas existente em uma área, pode-se adotar técnicas como a rotação de culturas e a semeadura de cobertura. Culturas de cobertura, como milheto, nabo forrageiro e sorgo, assim como outras, na entressafra, têm grande capacidade de supressão na emergência e de desenvolvimento das plantas daninhas.

Operações de pós-colheita, como o uso de roçadeiras ou a aplicação de herbicidas para dessecação das plantas daninhas, também podem ser realizadas, evitando-se que estas plantas se desenvolvam e produzam sementes ou propágulos que irão contribuir para o aumento do banco de sementes do solo. Devemos lembrar que, com o uso intensivo de determinados grupos de herbicidas, tem sido observado o surgimento de plantas daninhas resistentes.

O manejo de plantas daninhas pós-colheita contribui para a não proliferação das plantas daninhas resistentes, facilitando o controle nas safras subsequentes. Na maioria dos casos, os herbicidas utilizados para o manejo pós-colheita são à base de glyphosate, 2,4D e paraquat. Qualquer utilização de herbicidas deve ser acompanhada por um técnico responsável e os produtos utilizados devem estar registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

## Manejo de Plantas Daninhas no Milho Cultivado no Sistema de Integração Lavoura-Pecuária

Uma vez implantado o SILP com SPD, o manejo dos herbicidas no consórcio lavoura-forrageira passa a representar uma etapa das mais importantes, pois dela vai depender a produtividade tanto da lavoura quanto da pastagem que se vai formar.

Em geral, o momento para aplicação dos produtos para dessecação pode ocorrer após as primeiras chuvas, quando a nova brotação da forrageira estiver vigorosa e em pleno crescimento (15 a 20 dias após o corte, 20 a 25 cm de altura). A aplicação deve ser feita, preferencialmente, nos períodos com temperaturas mais amenas (nas primeiras horas da manhã ou ao entardecer) e com ventos de baixa intensidade. Outra condição relaciona-se à dessecação com a espécie forrageira em estágio avançado de crescimento. Nessa situação, recomenda-se um pastejo de curta duração utilizando alta taxa de lotação no final do período seco ou manejo com roçadeira ou triturador vegetal (triton).

A época de aplicação e a dosagem do herbicida dependerão do sistema de semeadura da cultura e da espécie da forrageira. As situações comumente encontradas podem ser:

- A. Semeadura da forrageira após a emergência do milho. Semeia-se o milho solteiro e faz-se o controle das plantas daninhas antes do plantio da forrageira. Sistema usado quando há alta incidência de plantas daninhas ou em condições de milho safrinha. O produto não deve apresentar efeito residual no solo ou deve ser seletivo para a gramínea a ser cultivada para evitar deficiências ou falhas na formação da pastagem.
- B. Semeadura simultânea do milho + forrageira. A aplicação deverá ocorrer na fase em que cultura do milho estiver com 4 a 6 folhas e da forrageira com mais de 3 perfilhos. Quando houver predominância de plantas daninhas de folhas largas e a braquiária não estiver exercendo interferência na cultura do milho, não haverá necessidade de aplicação de graminicida ou redução do crescimento da forrageira, podendo ser utilizado o herbicida atrazina na dosagem de 800 a 1.300 g i.a./ha. Nas situações em que é necessário o controle de plantas daninhas de folhas largas com necessidade de inibição temporária do crescimento da forrageira, sugere-se a aplicação de atrazina associada a uma subdose de herbicidas com ação graminicida.

Maiores informações e detalhes sobre utilização de herbicidas no Sistema de Integração Lavoura-Pecuária, recomenda-se consultar a Circular Técnica 110, Embrapa Milho e Sorgo, 2008 (<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/491769/1/Circ110.pdf>).

**Autores deste tópico:** André Luiz Melhorança, Decio Karam, Jéssica Aline Alves Silva, Maurilio Fernandes de Oliveira

## Doenças

Nos últimos anos, notadamente a partir do final de década de 90, as doenças têm se tornado uma grande preocupação por parte de técnicos e produtores envolvidos no agronegócio do milho. Relatos de perdas na produtividade devido ao ataque de patógenos têm sido frequentes nas principais regiões produtoras do país. Nesse contexto, vale destacar a severa epidemia de cercosporiose ocorrida na região Sudoeste do Estado de Goiás no ano de 2000, na qual foram registradas perdas superiores a 80% na produtividade.

É importante entendermos que a evolução das doenças do milho está estreitamente relacionada à evolução do sistema de produção desta cultura do Brasil. Modificações ocorridas no sistema de produção, que resultaram no aumento da produtividade da cultura, foram, também, responsáveis pelo aumento da incidência e da severidade das doenças. Desse modo, a expansão da fronteira agrícola, a ampliação das épocas de plantio (safra e safrinha), a adoção do sistema de plantio direto, o aumento do uso de sistemas de irrigação, a ausência de rotação de cultura e o uso de materiais suscetíveis têm promovido modificações importantes na dinâmica populacional dos patógenos, resultando no surgimento, a cada safra, de novos problemas para a cultura relacionados à ocorrência de doenças.

Dentre as doenças que atacam a cultura do milho no Brasil, merecem destaque a mancha branca, a cercosporiose, a ferrugem polissora, a ferrugem tropical, os enfezamentos vermelho e pálido, as podridões de colmo e os grãos ardidos. Além destas, nos últimos anos algumas doenças (como a antracnose foliar e a mancha foliar de *Diplodia*), consideradas de menor importância, têm ocorrido com elevada severidade em algumas regiões produtoras. A importância destas doenças é variável de ano para ano e de região para região, em função das condições climáticas, do nível de suscetibilidade das cultivares plantadas e do sistema de plantio utilizado. No entanto, algumas das doenças são de ocorrência mais generalizada nas principais regiões de plantio, como é o caso da mancha branca. As principais medidas recomendadas para o manejo de doenças na cultura do milho são:

1. utilizar cultivares resistentes;
2. realizar o plantio em época adequada, de modo a evitar que os períodos críticos para a cultura coincidam com condições ambientais mais favoráveis ao desenvolvimento da doença;
3. utilizar sementes de boa qualidade e tratadas com fungicidas;
4. utilizar rotação com culturas não suscetíveis;
5. rotação de cultivares;
6. manejo adequado da lavoura – adubação equilibrada (N e K), população de plantas adequada, controle de pragas e de invasoras e colheita na época correta.

Essas medidas, além de trazerem um benefício imediato ao produtor por reduzir o potencial de inóculo dos patógenos presentes na lavoura, 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 meio ambiente, é perfeitamente compatível com outras alternativas de controle e é, muitas vezes, suficiente para o controle da doença. Para fins didáticos, as doenças do milho aqui abordadas serão agrupadas de acordo com o órgão da planta infectado, formando os seguintes grupos: doenças foliares; podridões de colmo e das raízes; podridões de espigas e de grãos; e doenças sistêmicas.

## Doenças foliares

### Cercosporiose (*Cercospora zae-maydis*)

**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 a doença está presente em praticamente todas as áreas de plantio de milho no Centro Sul do Brasil. A doença ocorre com alta severidade em cultivares suscetíveis, podendo as perdas serem superiores a 80%.

**Sintomas:** Os sintomas caracterizam-se por manchas de coloração cinza, predominantemente retangulares, com as lesões desenvolvendo-se paralelas às nervuras. Com o desenvolvimento dos sintomas da doença, pode ocorrer necrose de todo o tecido foliar (Figura 1). Em situações de ataques mais severos, as plantas tornam-se mais predispostas às infecções por patógenos no colmo, resultando em maior incidência de acamamento de plantas.

Fotos: Luciano Viana Cota



**Figura 1.** Cercosporiose do milho (*Cercospora zae-maydis*).

**Epidemiologia:** A disseminação ocorre através de esporos e de restos de cultura levados pelo vento e por respingos de chuva. Os restos de cultura são, portanto, fonte de inóculo local e, também, para outras áreas de plantio. A ocorrência de temperaturas entre 25 °C e 30 °C e de umidade relativa do ar superior a 90% são consideradas condições ótimas para o desenvolvimento da doença.

**Manejo da Doença:** A principal medida de manejo da cercosporiose é a utilização de cultivares resistentes. Além disso, recomenda-se: evitar a permanência de restos da cultura de milho em áreas em que a doença ocorreu com alta severidade para reduzir o inóculo do patógeno na área; realizar a rotação com culturas não hospedeiras como a soja, o sorgo, o girassol, o algodão e outras, uma vez que o milho é o único hospedeiro de *C. zae-maydis*; para evitar o aumento do potencial de inóculo de *C. zae-maydis*, deve-se evitar o plantio seguido de milho na mesma área; 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, 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. Em áreas com plantio de cultivares suscetíveis e sob condições ambientais favoráveis para a ocorrência da doença, o controle químico deve ser avaliado como uma opção para o manejo da doença.

## Mancha branca (etiologia indefinida)

**Importância e Distribuição:** A mancha branca é considerada, atualmente, uma das principais doenças da cultura do milho no Brasil, estando presente em praticamente todas as regiões de plantio de milho no Brasil. As perdas na produção podem ser superiores a 60% em situações de ambiente favorável



e de uso de cultivares suscetíveis.

**Sintomas:** As lesões da mancha branca são, inicialmente, circulares, aquosas e verde claras (anasarcas). Posteriormente, passam a necróticas, de cor palha, circulares a elípticas, com diâmetro variando de 0,3 a 1cm (Figura 2). Geralmente, são encontradas dispersas no limbo foliar, mas iniciam-se na ponta da folha progredindo para a base, podendo coalescer. Em geral, os sintomas aparecem inicialmente nas folhas inferiores, progredindo rapidamente para as superiores, sendo mais severos após o pendoamento. Sob condições de ataque severo, os sintomas da doença podem ser observados também na palha da espiga. Em condições de campo, os sintomas não ocorrem, normalmente, em plântulas de milho.

**Epidemiologia:** A mancha branca é favorecida por temperaturas noturnas amenas (15 a 20<sup>0</sup>C), elevada umidade relativa do ar (>60%) e elevada precipitação. Os plantios tardios favorecem elevadas severidades da doença devido à ocorrência dessas condições climáticas durante o florescimento da cultura, fase na qual as plantas são mais sensíveis ao ataque do patógeno e os sintomas são mais severos.

**Manejo da Doença:** A principal medida recomendada para o manejo da mancha branca é o uso de cultivares resistentes. Atualmente, estão disponíveis no mercado cultivares que apresentam excelente nível de resistência a essa doença, como as cultivares da Embrapa BRS 1010 e BRS 1035. Outra medida importante para o manejo da enfermidade é a escolha da época de plantio. Deve-se optar por épocas de semeadura cujas condições climáticas que favoreçam a doença não coincidam com a fase de florescimento da cultura. Nas regiões Centro-Oeste e Sudeste, os plantios tardios realizados a partir da segunda quinzena de novembro até o final de dezembro favorecem a ocorrência da doença em elevadas severidades. Portanto, recomenda-se, sempre que possível, antecipar a época do plantio para a segunda quinzena de outubro ou o início de novembro. O controle químico também é uma medida viável nas situações em que são utilizadas cultivares suscetíveis, em regiões cujas condições climáticas são favoráveis ao desenvolvimento da doença.

Foto: Fabrício Lanza



**Figura 2.** Sintomas da mancha branca do milho.

### **Ferrugem Polissora (*Puccinia polysora* Underw.)**

**Importância e Distribuição :** No Brasil, foram determinadas perdas superiores a 40% na produção de milho devido à ocorrência de epidemias de ferrugem polissora. A doença está distribuída por toda a região Centro-Oeste, pelo Noroeste de Minas Gerais, por São Paulo e por parte do Paraná.

**Sintomas:** Os sintomas da ferrugem polissora são caracterizados pela formação de pústulas circulares a ovais, de coloração marron clara, distribuídas, predominantemente, na face superior das folhas (Figura 3).

Foto: Rodrigo Vêras da Costa



**Figura 3.** Sintomas da ferrugem polissora no milho (*Puccinia polysora* Underw).

**Epidemiologia:** A ocorrência da doença é dependente da altitude, ocorrendo com maior intensidade em altitudes abaixo de 700m, onde predominam temperatura mais elevadas (25 °C a 35°C). A ocorrência de períodos prolongados de elevada umidade relativa do ar também é um fator importante para o desenvolvimento da doença.

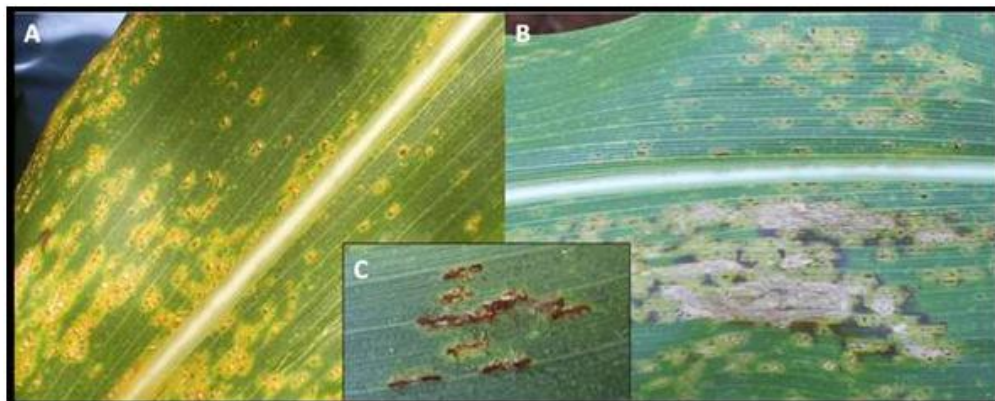
**Manejo da Doença:** As principais medidas recomendadas para o manejo da ferrugem polissora compreendem o uso de cultivares resistentes, a escolha da época e do local de plantio, a aplicação de fungicidas em situações de elevada pressão de doença e o uso de cultivares suscetíveis.

### **Ferrugem Comum (*Puccinia sorghi*)**

**Importância e Distribuição:** No Brasil, a doença tem ampla distribuição com severidade moderada, tendo maior severidade nos estados da região Sul.

**Sintomas:** A ferrugem comum caracteriza-se pela formação de pústulas em toda a parte aérea da planta, mas com maior abundância nas folhas. As pústulas ocorrem em ambas as superfícies da folha, sendo esta uma das características que a diferencia da ferrugem polissora, cujas pústulas predominam na superfície superior da folha. As pústulas da ferrugem comum apresentam formato circular a alongado e coloração castanho clara a escuro, que se acentua à medida em que as pústulas amadurecem e se rompem, liberando os uredósporos, que são os esporos típicos do patógeno. Sob condições ambientais favoráveis, as pústulas podem coalescer, formando grandes áreas necróticas nas folhas (Figura 4).

Fotos: Rodrigo Véras da Costa



**Figura 4.** Sintomas da ferrugem comum do milho: pústulas de coloração marrom claro apresentando halo amarelado (A); coalescência de pústulas apresentando necrose foliar e bordos arroxeados; detalhe do formato alongado das pústulas (C).

**Epidemiologia:** A ocorrência de prolongados períodos de temperaturas baixas (16 a 23°C), alta umidade relativa do ar (>90%) e chuvas frequentes favorecem o desenvolvimento da doença. Tais condições são encontradas, mais frequentemente, em locais de altitude elevada (>800m). Os teliósporos produzidos pelo patógeno germinam e produzem basidiósporos, os quais infectam plantas do gênero *oxalis* spp. (trevo), em que o patógeno desenvolve o estágio aecial (fase reprodutiva). Desse modo, a presença de plantas de trevo na área contribui para a sobrevivência e para a disseminação do patógeno.

**Manejo da Doença:** O uso de cultivares resistentes é a principal forma de manejo da ferrugem comum. A escolha da época e de locais de plantio menos favoráveis ao desenvolvimento da doença e a eliminação de hospedeiros alternativos também contribuem para a redução da severidade da doença. A aplicação de fungicidas é recomendada em situações de elevada pressão de doença e uso de cultivares suscetíveis, quando a doença surge nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura.

### Ferrugem Tropical ou Ferrugem Branca (*Physopella zae*)

**Importância e Distribuição:** No Brasil, a ferrugem tropical encontra-se distribuída nas regiões Centro-Oeste e Sudeste (Norte de São Paulo). A doença é mais severa em plantios contínuos de milho, principalmente em áreas irrigadas.

**Sintomas:** A ferrugem branca caracteriza-se pela formação de pústulas de formato arredondado a oval, em pequenos grupos, de coloração esbranquiçada a amarelada, na superfície superior da folha e recoberta pela epiderme. Uma borda de coloração escura pode envolver o agrupamento de pústulas (Figura 5).

Foto: Rodrigo Véras da Costa



**Figura 5.** Pústulas de aspecto pulverulento e coloração esbranquiçada características da ferrugem branca do milho.

**Epidemiologia:** Os uredóporos 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, a severidade da doença tende a ser a maior nos plantios de safrinha.

**Manejo da Doença:** As principais medidas de manejo são: plantio de cultivares resistentes; escolha da época e do local de plantio; evitar plantios sucessivos de milho; e aplicação de fungicidas em situação de elevada pressão de doença. Além disso, recomendam-se a alternância de genótipos e a interrupção no plantio durante certo período para que ocorra a morte dos uredósporos.

## Helminthosporiose (*Exserohilum turcicum*)

**Importância e Distribuição:** No Brasil, as maiores severidades desta enfermidade têm ocorrido em plantios de safrinha. Em situações favoráveis ao desenvolvimento da doença, as perdas na produção podem chegar a 50%, quando o ataque começa antes do período de floração.

**Sintomas:** Os sintomas típicos da doença são lesões necróticas, elípticas, medindo de 2,5 a 15cm de comprimento (Figura 6). A coloração do tecido necrosado varia de cinza a marrom e, no interior das lesões, observa-se intensa esporulação do patógeno. As primeiras lesões aparecem, normalmente, nas folhas mais velhas.

Foto: Luciano Viana Cota



**Figura 6.** Sintomas da helmintosporiose ( *Exserohilum turcicum*) em milho.

**Epidemiologia:** O patógeno apresenta boa capacidade de sobrevivência em restos de cultura. A disseminação ocorre pelo transporte de conídios pelo vento a longas distâncias. Temperaturas moderadas (18-27°C) são favoráveis à doença, bem como a ocorrência de longos períodos de molhamento foliar ou a presença de orvalho. O patógeno tem como hospedeiros o sorgo, o capim sudão, o sorgo de halepo e o teosinto. No entanto, isolados provenientes do sorgo não são capazes de infectar plantas de milho.

**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 desta doença.

## Mancha de *Bipolaris maydis* (*Bipolaris maydis*)

**Importância e Distribuição:** Esta doença encontra-se bem distribuída no Brasil, porém com severidade entre baixa e média. Atualmente, em algumas áreas das regiões Centro-Oeste e Nordeste, tem ocorrido com elevada severidade em materiais suscetíveis.

**Sintomas:** O fungo *B. maydis* possui duas raças descritas, "0" e "T". A raça "0", predominante nas principais regiões produtoras, produz lesões alongadas, orientadas pelas nervuras com margens castanhas e com forma e tamanho variáveis (Figura 7). Embora as lesões sigam a orientação das nervuras, as bordas das lesões não são tão bem definidas como ocorre no caso da cercosporiose. As lesões causadas pela raça "T" são maiores, predominantemente elípticas e com coloração de marrom a castanho, podendo haver formação de halo clorótico.

Foto: Rodrigo Vêras da Costa



**Figura 7.** Sintomas da mancha de *Bipolaris maydis* (*Bipolaris maydis*) em milho.

**Epidemiologia:** A sobrevivência ocorre em restos culturais infectados e em grãos. Os conídios são transportados pelo vento e por respingos de chuva. As condições ótimas para o desenvolvimento da doença consistem em temperaturas entre 22 e 30°C e em elevada umidade relativa. A ocorrência de longos períodos de seca e de dias com muito sol entre dias chuvosos é desfavorável à doença.

**Manejo da Doença:** O plantio de cultivares resistentes e a rotação de culturas são as principais medidas recomendadas para o manejo dessa doença.

### **Mancha de *Bipolaris Zeicola* (*Bipolaris zeicola*)**

**Importância e Distribuição:** Esta doença encontra-se bem distribuída no Brasil, porém com severidade entre baixa e média. À semelhança do que foi citado para a mancha de *Bipolaris Maydis*, a doença tem ocorrido com elevada severidade em algumas regiões do Centro-Oeste e do Nordeste.

**Sintomas:** Duas raças de *B. zeicola* são consideradas predominantes no Brasil, raças 1 e 3. A raça 1 desse patógeno produz lesões de coloração palha, formato de circular a oval e com formação de anéis concêntricos (Figura 8). A raça 3 produz lesões bem distintas daquelas produzidas pela raça 1. As lesões são estreitas e alongadas e com coloração castanho claro.

Foto: Luciano Viana Cota



**Figura 8.** Sintomas da mancha de *Bipolaris Zeicola* (*Bipolaris zeicola* raça 1) em milho.

**Epidemiologia:** As condições ambientais que favorecem a ocorrência da doença são temperaturas moderadas e alta umidade relativa do ar. A sobrevivência ocorre em restos culturais infectados e os conídios são transportados pelo vento e por respingos de chuva.

**Manejo da doença:** O plantio de cultivares resistentes e a rotação de culturas são as principais medidas recomendadas para o manejo dessa doença.

### **Mancha foliar de Diplodia (*Stenocarpella macrospora*)**

**Importância e Distribuição:** Esta 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, a doença tem ocorrido com severidade entre baixa e média até o momento.

**Sintomas:** As lesões são alongadas, grandes, semelhantes às de *Exserohilum turcicum*. Diferem destas por apresentar, em algum local da lesão, pequeno círculo visível contra a luz (ponto de infecção). Podem alcançar até 10cm de comprimento (Figura 9). Em algumas situações, os sintomas são caracterizados pela presença de lesões estreitas e alongados (Figura 10). Apesar da variação sintomatológica, em todos os casos é possível verificar o ponto de infecção pelo patógeno.

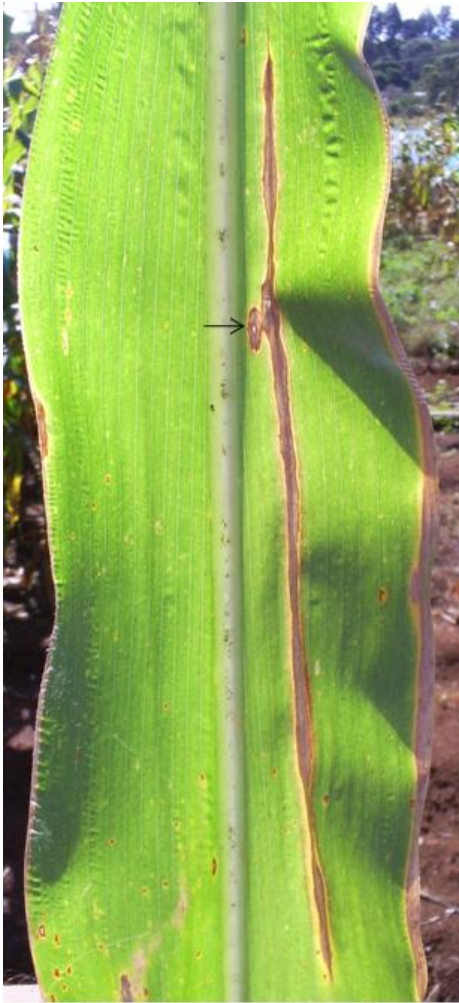
Foto: Rodrigo Vêras





**Figura 9.** Sintomas da mancha foliar de Diplodia (*Diplodia macrospora*) em folha de milho. Seta indicando ponto de Infecção.

Foto: Rodrigo Vêras da Costa



**Figura 10.** Lesão estreita e alongada de *Diplodia macrospora*. Seta indicando ponto de Infecção.

**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 de inóculo local e também contribuem para a disseminação da doença para outras áreas de plantio. A ocorrência de temperaturas entre 25 e 30°C e de elevada umidade relativa do ar favorecem o desenvolvimento da doença.

**Manejo da doença:** O manejo da doença pode ser feito através do uso de cultivares resistentes e da rotação com culturas não hospedeiras.

### **Antracnose foliar do milho (*Colletotrichum graminicola*)**

**Importância e Distribuição:** Com a ampla utilização do plantio direto, sem rotação de culturas, e o aumento das áreas de plantio do milho na safra e na safrinha, a antracnose tornou-se uma das doenças mais amplamente distribuídas nas regiões produtoras de milho do Brasil. A doença pode reduzir a produção do milho em até 40% em cultivares suscetíveis sob condições favoráveis de ambiente. Um fator complicador relacionado à ocorrência da antracnose é a inexperiência por parte da maioria dos técnicos em reconhecer os sintomas dessa enfermidade no campo, permitindo que ela ocorra em elevadas severidades, resultando em perdas significativas à produção.

**Sintomas:** As lesões foliares são observadas em plantas nos primeiros estágios vegetativos e, de modo geral, a antracnose é a primeira doença foliar detectada no campo. Os sintomas são caracterizados por lesões de coloração marrom escura e formato oval a irregular, o que torna, às vezes, difícil seu diagnóstico. Tipicamente, um halo amarelado circunda a área doente das folhas. Sob condições favoráveis, as lesões podem coalescer, necrosando grande parte do limbo foliar e surgem, no interior das lesões, pontuações escuras que correspondem às estruturas de frutificação do patógeno, denominadas acérvulos (Figura 11). Nas nervuras, são observadas lesões elípticas de coloração marrom avermelhada que resultam numa necrose foliar em formato de "V" invertido (Figura 12). Esses sintomas são geralmente confundidos com os sintomas de deficiência de nitrogênio.

Foto: Rodrigo Vêras da Costa



**Figura 11.** Sintoma da antracnose foliar do milho (*Colletotrichum graminicola*).

Fotos: Rodrigo Vêras da Costa



**Figura 12.** Sintomas da antracnose (*Colletotrichum graminicola*) na nervura e queima foliar em formato de "V" invertido em plantas de milho.

**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 do plantio em sucessão para o aumento do potencial de inóculo. Outro fator a influir na quantidade da doença é a taxa de reprodução do patógeno, que vai depender das condições ambientais e da própria raça do patógeno presente. Temperaturas elevadas (28 °C a 30 °C), elevada umidade relativa do ar e chuvas frequentes favorecem o desenvolvimento da doença.

**Manejo da doença:** As principais medidas recomendadas para o manejo da antracnose são o plantio de cultivares resistentes, a rotação de cultura e evitar plantios sucessivos, as quais são essenciais para a redução do potencial de inóculo do patógeno presente nos restos de cultura.

## Podridões do Colmo e das Raízes

## Introdução

As podridões de colmo destacam-se, no mundo, entre as mais importantes doenças que atacam a cultura do milho por causarem redução de produção e de qualidade de grãos e forragens. Sua ocorrência, no Brasil, tem aumentado significativamente nas últimas safras em todas as regiões de plantio. Os plantios sucessivos, a ampla adoção do sistema de plantio direto sem rotação de culturas e a utilização de genótipos suscetíveis favorecem a ocorrência da doença em função da elevada capacidade dos patógenos de sobreviverem no solo e em restos de cultura, resultando no rápido acúmulo de inóculo nas áreas de cultivo. Incidência de podridão de colmo acima de 70% e perdas de produtividade em torno de 50% têm sido relatadas em cultivares suscetíveis sob condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento dos patógenos causadores de podridões de colmo.

As podridões do colmo na cultura do milho podem ocorrer antes da 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. 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 da altura da espiga, da quantidade do colmo apodrecido, da dureza da casca e da ocorrência de ventos.

As podridões de colmo apresentam estreita relação com a ocorrência de vários tipos de estresses durante o ciclo da cultura, os quais promovem alterações no balanço normal de distribuição de carboidratos na planta. Após as fases de polinização e fertilização, inicia-se o período de enchimento dos grãos, que se estende até a maturidade fisiológica. Nesta fase, as espigas tornam-se os drenos mais fortes na planta, assumindo grande demanda por açúcares e outros carboidratos. Portanto, o “aparato” fotossintético, nesse período, deve funcionar plenamente para manter o adequado suprimento de carboidratos para o enchimento dos grãos e para a manutenção dos tecidos do colmo e das raízes. Qualquer fator que interfira, negativamente, no processo de fotossíntese nessa fase, como estresse hídrico, temperaturas elevadas, desequilíbrios nutricionais, redução da radiação solar e perda de área foliar devido ao ataque de pragas e doenças, resulta em inadequado suprimento de carboidratos para enchimento dos grãos. Nesse caso, o colmo, que além da função estrutural atua também como órgão de reserva, passa a ser a principal fonte de carboidratos para o enchimento dos grãos, via processo de translocação. No entanto, a redução da atividade fotossintética e a intensa translocação de carboidratos do colmo para a espiga resultam num enfraquecimento dos tecidos do colmo, tornando-os mais suscetíveis ao ataque de patógenos causadores de podridão. Desse modo, é possível afirmar que qualquer fator que reduza a capacidade fotossintética e a produção de carboidratos predispõe as plantas à ocorrência da doença.

As podridões do colmo geralmente se iniciam pelas raízes, passando para os entrenós superiores ou diretamente pelo colmo, através de ferimentos. De um modo geral, não ocorrem uniformemente na área, sendo 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 de 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.

Vários são os patógenos causadores de podridão de colmo em milho, incluindo fungos e bactérias. No Brasil, os principais são *Colletotrichum graminicola*, *Diplodia macrospora*, *Diplodia maydis*, *Fusarium graminearum*, *Fusarium moniliforme* e *Macrophomina Phaseolina*.

## Antracnose do colmo (*Colletotrichum graminicola*)

**Etiologia:** Essa podridão, também denominada de antracnose do colmo, é causada pelo fungo *Colletotrichum graminicola*. Esse fungo pode infectar todas as partes da planta de milho, resultando em diferentes sintomas nas folhas, no colmo, na espiga, nas raízes e no pendão.

**Sintomas:** Embora o 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, essas lesões tornam-se marrom avermelhadas e, finalmente, marrom-escuras a negras (Figura 13). As lesões podem coalescer, formando extensas áreas necrosadas de coloração escura brilhante. 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 14).

Foto: Luciano Viana Cota



**Figura 13.** Sintomas da antracnose do colmo do milho.

Foto: Luciano Viana Cota



**Figura 14.** Fileira de plantas de milho apresentando sintomas da antracnose do colmo.

**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. As perdas de produção, dependendo do híbrido e das condições ambientais, podem chegar a 40%.

## Podridão de Diplodia

**Etiologia:** Essa podridão pode ser causada por duas espécies de fungos do gênero *Stenocarpella*, *Stenocarpella maydis* (= *Diplodia maydis*) e *Stenocarpella macrospora* (= *Diplodia macrospora*), os mesmos agentes causais da podridão branca das espigas. A espécie *S. macrospora* pode, também, causar lesões foliares em milho conforme descrito anteriormente. *S. maydis* difere de *S. macrospora* por apresentar conídios duas vezes menores e por não causar lesões foliares.

**Sintomas:** Plantas infectadas por esses fungos apresentam, externamente, próximo 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 a presença de picnídios (Figura 15).



Foto: Nicésio F. F. A. Pinto



**Figura 15.** Sintomas da podridão do colmo do milho causada por *Stenocarpella* spp. (=Diplodia spp.).

**Epidemiologia:** As podridões do colmo causadas por *Stenocarpella* spp. são favorecidas por temperaturas entre 28 °C e 30°C e alta umidade, principalmente na forma de chuva. Esses patógenos 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 para o manejo dessa doença. A disseminação dos conídios pode ocorrer pela ação da chuva ou do vento.

## Podridão de Fusarium

**Etiologia:** Essa doença é causada por várias espécies do gênero *Fusarium* spp., entre elas *F. moniliforme* e *F. graminearum*, que também causam podridões de espigas.

**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 (Figura 16). 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 começar pelas raízes e é favorecida por ferimentos causados por nematoides ou pragas subterrâneas.

Foto: Fernando Tavares Fernandes



**Figura 16.** Podridão do colmo causada por *Fusarium* spp.

**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 hospedeiro alternativo, o que torna a medida de rotação de culturas pouco eficiente. Frequentemente, pode ser encontrado associado às sementes. A disseminação dos conídios se dá através do vento ou da chuva.

## Podridão de *Macrophomina*

**Etiologia:** Essa doença é causada pelo fungo *Macrophomina phaseolina*, um patógeno capaz de causar podridões em mais de 500 espécies de plantas, incluindo as podridões de colmo nas culturas do milho e do sorgo.

**Sintomas:** A infecção das plantas inicia 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 (Figura 17) sobre os quais é possível observar a presença de numerosos pontinhos negros (escleródios) que conferem, internamente ao colmo, uma cor cinza típica.

Foto: Nicésio F. F. A. Pinto



**Figura 17.** Sintomas da podridão do colmo causada por *Macrophomina phaseolina*.

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

## Podridão por *Pythium*

**Etiologia:** É causada pelo fungo *Pythium aphanidermatum*. Essa podridão não é tão comum quanto aquelas causadas por *C. graminicola*, *Stenocarpella* spp. e *Fusarium* spp. e ocorre em condições de umidade excessiva no solo.

**Sintomas:** Os sintomas iniciais dessa podridão são caracterizados por lesões do tipo aquosa semelhantes às causadas por bactérias. A diferença é que, nesse caso, a podridão permanece, tipicamente, restrita ao primeiro entrenó acima do solo (Figura 18), enquanto que nas bacterioses podem atingir vários entrenós. Inicialmente, nota-se uma alteração da cor dos tecidos, variando de marrom claro a escuro e com aspecto encharcado. Com a evolução dos sintomas, os tecidos internos do colmo se desintegram, resultando num estrangulamento do colmo na região. As plantas, antes de tombarem, geralmente sofrem uma torção característica. Plantas tombadas permanecem verdes por algum tempo, visto que os vasos lenhosos permanecem intactos. Esse patógeno pode atacar tecidos novos, verdes e fisiologicamente ativos.

Foto: Fernando Tavares Fernandes



**Figura 18.** Sintomas da podridão do colmo causada por *Pythium aphanidermatum*.

**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 alta umidade no solo, proporcionada por

prolongados períodos de chuva ou irrigação excessiva.

## Podridões bacterianas

**Etiologia:** Várias espécies de bactérias do gênero *Pseudomonas spp.* e *Erwinia spp.* causam podridões do colmo em plantas de milho, sendo a mais comum a espécie *Erwinia chrysanthemi pv. zea*. Assim como a podridão causada por *P. aphanidermatum*, as podridões bacterianas não ocorrem com elevada frequência e são restritas a ambientes caracterizados pelo excesso de umidade no solo.

**Sintomas:** As podridões causadas por bactérias são do tipo aquosas e especialmente aquelas causadas por *Erwinia chrysanthemi pv. zea* exalam um odor desagradável típico. Em geral, iniciam-se nos entrenós próximos ao solo e rapidamente atingem os entrenós superiores. A infecção causada por *E. chrysanthemi pv. zea* pode, também, iniciar pela parte superior do colmo, causando a podridão do cartucho. Os sintomas típicos dessa doença são a murcha e a seca das folhas decorrentes de uma podridão aquosa na base do cartucho. As folhas se desprendem facilmente e exalam um odor desagradável (Figura 19). Nas bainhas das outras folhas, pode-se observar a presença de lesões encharcadas (anasarcas). Podem 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.

Fotos: Rodrigo Véras da Costa



**Figura 19.** Sintomas da podridão bacteriana do cartucho do milho (*Erwinia chrysanthemi pv. zea*).

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

## Podridão de raízes

**Etiologia:** As podridões de raízes podem ser causadas por um complexo de patógenos envolvendo várias espécies de fungos dos gêneros *Fusarium* spp., *Pythium* spp. e *Rhizoctonia* spp. Além disso, bactérias, nematoides e insetos que se alimentam das raízes podem estar associados às podridões radiculares.

**Sintomas:** Os sintomas típicos das podridões radiculares incluem o aparecimento de lesões de coloração escuras e, conseqüentemente, de raízes apodrecidas (Figura 20). Os sintomas na parte aérea são enfezamento, cloroses, murcha e redução da produtividade devido à menor absorção de água e nutrientes (Figura 21). Em alguns casos, podem evoluir e atingir os tecidos do colmo.

Foto: Fernando Tavares Fernandes



**Figura 20.** Sintomas da podridão radicular em plantas de milho.

Foto: Rodrigo Vêras da Costa



**Figura 21.** Podridão de raízes e colmo (A) e sintomas na parte aérea da planta (B).

## Manejo das podridões de colmo e de raízes

Não existe uma medida única recomendada para o controle das podridões de colmo e de raízes em milho. Para se obter sucesso no manejo dessas doenças, um conjunto de medidas devem ser executadas de forma integrada. A primeira e, talvez, a mais importante é a escolha correta da cultivar. Nesse caso, deve ser dada preferência para híbridos que apresentem, além de alta produtividade, satisfatória resistência no colmo. Resultados obtidos pela Embrapa Milho e Sorgo demonstram a existência de variabilidade quanto à resistência à podridão de colmo e raízes em genótipos de milho. Outros critérios, como adubação equilibrada, principalmente quanto à relação N/K, manejo de irrigação, controle de pragas, de plantas daninhas e de doenças, densidade de plantas, época de plantio e colheita, são de fundamental importância e devem ser considerados num programa de manejo dessas podridões na cultura do milho.

A ocorrência de podridão de colmo não necessariamente resulta em tombamento de plantas no campo. Entretanto, alguns pontos devem ser considerados. A realização da colheita no momento adequado é um dos principais fatores que devem ser observados em campos de produção

apresentando sintomas da doença. Para isso, o monitoramento da lavoura passa a ser de fundamental importância. O exame de campo consiste em avaliar, além dos sintomas na casca, a firmeza do colmo. Nesse caso, a avaliação é feita pressionando-se, com os dedos, o primeiro e/ou o segundo entrenó do colmo acima do solo. Colmos sadios são firmes e a casca oferece forte resistência à pressão dos dedos. Em colmos apodrecidos, a casca cede facilmente quando pressionada devido à desintegração dos tecidos vasculares. Alguns híbridos apresentam a casca bastante resistente, o que impede o tombamento da planta, mesmo quando os tecidos internos apresentam-se apodrecidos. No entanto, a resistência da casca pode não ser suficiente para evitar o tombamento se a colheita for retardada e as plantas forem expostas a condições adversas como ventos e chuvas fortes. Recomenda-se que campos apresentando entre 15 e 20% de podridão de colmo, de acordo com as avaliações descritas acima, sejam colhidos o mais breve possível para evitar perdas devido ao acamamento de plantas.

Recentemente, grande ênfase tem sido dada ao uso de fungicidas na cultura do milho para o manejo de doenças. No entanto, existe pouca informação sobre a eficiência desses produtos sobre os patógenos causadores de podridão no colmo. Resultados recentes da Embrapa Milho e Sorgo sugerem um efeito indireto da aplicação de fungicidas no controle dos patógenos causadores de podridões. Desse modo, o uso de fungicidas, por promover uma melhor sanidade foliar e preservar a capacidade fotossintética das plantas, resulta, indiretamente, numa menor necessidade de translocação de nutrientes do colmo para a espiga, impedindo ou reduzindo sua senescência precoce.

## Podridões de espiga e grãos ardidos

Os grãos de milho podem ser danificados por fungos em duas condições específicas, isto é, em pré-colheita (podridões de espigas com a formação de grãos ardidos) e em pós-colheita dos grãos durante o beneficiamento, o armazenamento e o transporte (grãos mofados ou embolorados). No processo de colonização dos grãos, muitas espécies de fungos, denominados 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, na produção de micotoxinas, as quais estão intimamente relacionadas à capacidade de biossíntese do fungo e das condições ambientais predisponentes, como a alternância das temperaturas diurna e noturna.

## Podridão branca da espiga

A podridão branca da espiga é causada pelos fungos *Stenocarpella maydis* (= *Diplodia maydis*) e *Stenocarpella macrospora* (= *Diplodia macrospora*). Os sintomas são caracterizados pela presença de um crescimento micelial denso e compacto, de coloração branca entre os grãos, que iniciam, normalmente, pela base das espigas (Figura 22). As espigas atacadas são mais leves e podem ser totalmente apodrecidas. Uma característica específica dessa doença é o aparecimento de inúmeras pontuações de coloração escura nos grãos e no ráquis das espigas, que correspondem aos picnídios dos patógenos, os quais servem como fonte de inóculo para os próximos plantios.

Uma característica peculiar entre as duas espécies de *Stenocarpella spp.* é que apenas a *S. macrospora* ataca as folhas do milho. A precisa distinção entre estas espécies só é possível mediante análises microscópicas, pois, comparativamente, os esporos de *S. macrospora* são maiores e mais alongados do que os de *S. maydis*. Esses patógenos sobrevivem no solo através dos esporos no interior dos picnídios e nos restos de cultura contaminados e, nas sementes, na forma de esporos e de micélio dormente, as quais constituem as fontes primárias de inóculo para a infecção das espigas. Cultivares cujas espigas são mal empalhadas, que possuem 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 da 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, da destruição de restos culturais infectados e da rotação de culturas, visto que o milho é o único hospedeiro destes patógenos.

Foto: Rodrigo Véras da Costa



**Figura 22.** Sintomas da podridão branca da espiga.

## Podridão de *Fusarium*

Essa podridão é causada por duas espécies de fungos, *Fusarium moniliforme* e *Fusarium subglutinans*. Esses patógenos apresentam elevado número de plantas hospedeiras, sendo, por isso, considerados parasitas não especializados. A infecção pode iniciar pelo topo ou por qualquer outra parte da espiga, mas sempre associada a alguma injúria (insetos, pássaros). Os grãos infectados apresentam, normalmente, uma alteração de cor que varia do róseo ao marrom escuro e, em algumas situações, também apresentam estrias de coloração branca no pericarpo. Com o desenvolvimento do patógeno, observa-se, sobre os grãos, um crescimento cotonoso de coloração clara a avermelhada, correspondente ao micélio do fungo (Figura 23). Quando a infecção ocorre através do pedúnculo da espiga, todos os grãos podem ser infectados, mas a infecção só 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 frequentemente isolados das sementes, estas não são a principal fonte de inóculo. Como estes fungos possuem a fase saprófita ativa, sobrevivem e se multiplicam na matéria orgânica, no solo, sendo esta a fonte principal de inóculo.

Foto: Nicésio F.J.A. Pinto



**Figura 23.** Sintomas da podridão da espiga por Fusarium (*Fusarium moniliforme*).

### Podridão de *Giberela*

Esta podridão de espiga, causada pelo fungo *Gibberella zeae* (forma imperfeita *Fusarium graminearum*), é mais comum em regiões de clima ameno e de alta umidade relativa. A ocorrência de chuvas após a polinização propicia a ocorrência desta podridão de espiga, que começa com uma massa cotonosa avermelhada na ponta da espiga e pode progredir para a base (Figura 24). É comum as palhas estarem firmemente ligadas às espigas devido ao excessivo crescimento micelial do fungo entre as brácteas e os grãos. Ocasionalmente, esta podridão pode iniciar na base e progredir para a ponta da espiga, confundindo o sintoma com aquele causado por *F. moniliforme* ou *F. subglutinans*. Chuvas frequentes no final do desenvolvimento da cultura, principalmente em lavoura com cultivar cujas espigas não dobram, aumentam a incidência desta podridão. Este fungo sobrevive nas sementes na forma de micélio dormente.

Foto: Nicésio F.J.A. Pinto



**Figura 24.** Podridão da espiga por *Giberela* (*Giberela zeae*).

## Grãos ardidos

O termo grãos ardidos refere-se aos grãos produzidos em espigas que sofreram um processo de podridão. São considerados ardidos os grãos que apresentam, pelo menos, um quarto de sua superfície com descolorações variando de marrom claro, marrom escuro, roxo, vermelho claro a vermelho escuro (Figura 25). Os principais patógenos causadores de grãos ardidos são *Stenocarpela maydis* (= *Diplodia maydis*), *Stenocarpela macrospora* (= *Diplodia macrospora*), *Fusarium moniliforme*, *F. subglutinans* e *Gibberella zeae*. Ocasionalmente, no campo, há produção de grãos ardidos pelos fungos do gênero *Penicillium spp.* e *Aspergillus spp.* Os fungos *G. zeae* e *S. maydis* são mais frequentes nos estados do Sul do Brasil e *F. moniliforme*, *F. subglutinans* e *Diplodia macrospora* nas demais regiões produtoras de milho. Como padrão de qualidade, tem-se adotado, em algumas agroindústrias, a tolerância máxima de 6% de grãos ardidos em lotes comerciais de milho.



**Figura 25.** Comparação de amostras de grãos de milho ardidos (A) e sadios (B).

## Micotoxinas

Micotoxinas são metabólitos secundários tóxicos produzidos por fungos, tanto na fase de pré-colheita (ainda no campo), quanto na fase de armazenamento dos grãos. As principais micotoxinas encontradas nos grãos de milho são aflotoxinas (*Aspergillus flavus* e *A. parasiticus*), fumonizinas (*Fusarium moniliforme*), zearalenona (*Fusarium graminearum*), ocratoxina A (*Aspergillus spp.* e *Penicillium spp.*) e desoxinivalenol (*F. graminearum*). É importante ressaltar que a presença dos fungos toxigênicos não implica, necessariamente, na existência de micotoxinas nos grãos.

A produção de micotoxinas depende, além da capacidade de biossíntese dos fungos, das condições de ambiente, como a alternância de temperaturas diurna e noturna. Os fungos do gênero *Fusarium spp.* têm uma faixa de temperatura ótima para o seu desenvolvimento situada entre 20 e 25°C. Contudo, suas toxinas são produzidas em condições de baixas temperaturas, o que indica que esses fungos produzem as toxinas quando submetidos a choque térmico, principalmente com alternância das temperaturas diurna e a noturna. Para a produção de zearalenona, a temperatura ótima está em torno de 10-12°C.

As doenças causadas pela ingestão de alimentos (grãos, rações, carnes etc.) contaminados com micotoxinas são denominadas micotoxicoses. As micotoxicoses podem causar, tanto em animais quanto no homem, danos como redução no crescimento, interferência no funcionamento de órgãos vitais do organismo, produção de tumores malignos etc.. Dentre as micotoxinas, as aflotoxinas são as que possuem maior potencial de danos à saúde humana devido à sua elevada toxicidade e à ampla ocorrência, além de serem consideradas como de elevado potencial carcinogênico. Outro grupo de micotoxinas que merece destaque é o das fumonizinas, que têm sido relacionadas à ocorrência de câncer de esôfago em humanos.

## Controle das podridões de espiga e de grãos ardidos

Para se obter um manejo eficiente da ocorrência das podridões de espiga e de grãos ardidos na cultura do milho, várias medidas devem ser adotadas de forma integrada, como: utilização de cultivares com maior nível de resistência aos principais patógenos que atacam as espigas, como os pertencentes aos gêneros *Fusarium spp.* e *Stenocarpella spp.*; realizar, sempre que possível, a rotação de culturas para reduzir o potencial de inóculo dos patógenos; evitar plantios sucessivos de milho; utilizar sementes saudáveis e densidade de plantio adequada do cultivar plantado; dar preferência a cultivares com espigas decumbentes (que viram para baixo após a maturação fisiológica); e evitar atraso na colheita. A eficiência do controle químico para manejo de grãos ardidos em milho ainda é motivo de dúvidas quanto à eficiência de produtos, à época e ao número de aplicações e sua relação com a resistência dos cultivares. A Embrapa Milho e Sorgo vem realizando trabalhos nessa linha visando a obter informações mais precisas quanto aos fatores acima mencionados.

## Doenças sistêmicas

### Enfezamentos

#### Importância e distribuição

Os enfezamentos do milho (doenças sistêmicas associadas a infecções dos tecidos do floema das plantas) são considerados doenças importantes para essa cultura no Brasil pelas perdas elevadas na produtividade e por sua ampla ocorrência nas principais regiões produtoras de milho. Os plantios tardios e de safrinha (iniciados a partir de meados de janeiro) contribuem para o aumento da incidência e das perdas causadas pelos enfezamentos devido ao aumento da população do inseto vetor nesta época. Esse fato pode ser agravado em sistemas de plantios sucessivos de milho.

#### Etiologia

Os enfezamentos são causados por patógenos pertencentes à classe dos *Mollicutes*, cuja transmissão é realizada de forma persistente e propagativa pela cigarrinha *Dalbulus maidis*. O enfezamento pálido é causado por um procarionte pertencente à espécie *Spiroplasma kunkelli*. O enfezamento vermelho é causado por procarionte pertencente ao gênero *Phytoplasma*, denominado pelo nome comum fitoplasma.

#### Sintomatologia

**Enfezamento vermelho:** Os sintomas típicos dessa doença são o avermelhamento das folhas, a proliferação de espigas, produção de espigas pequenas, perfilhamento na base da planta e nas axilas foliares, encurtamento dos entrenós, incompleto enchimento de grãos e seca precoce das plantas (Figura 26 e 27).

**Enfezamento pálido:** Os sintomas característicos são estrias esbranquiçadas irregulares na base das folhas, que se estendem em direção ao ápice. Em alguns casos, observa-se um amarelecimento das plantas e o surgimento de áreas avermelhadas nas folhas apicais. Normalmente, as plantas são raquíticas devido ao encurtamento dos entrenós, podendo haver uma proliferação de espigas pequenas e sem grãos (Figuras 28 e 29). Quando há

produção de grãos, eles são pequenos, manchados e frouxos na espiga. As plantas podem secar precocemente. Em ambos os casos, os sintomas são mais evidentes na fase de enchimento dos grãos. A identificação precisa dos enfezamentos com base apenas nos sintomas, no campo, nem sempre é uma tarefa fácil, tornando-se necessário o uso de exames laboratoriais para a correta diagnose.

**Epidemiologia:** Os Molicutes, *Spiroplasma kunkelli* e *Phytoplasma* ocorrem somente em células do floema de plantas doentes de milho e são transmitidos de forma persistente e propagativa pela cigarrinha *Dalbulus maidis*, que, ao se alimentar em plantas doentes, adquire os molicutes e os transmite para as plantas saudáveis. O período latente entre a aquisição dos patógenos e a sua transmissão pela cigarrinha varia de três a quatro semanas. A incidência e a severidade dessas doenças são influenciadas pelo grau de suscetibilidade da cultivar, pela época de semeadura (semeaduras tardias favorecem a doença), pela temperatura e umidade e pela população do inseto vetor. A ocorrência de temperatura e umidade elevadas e a alta densidade populacional de cigarrinhas, coincidentes com fases iniciais de desenvolvimento da lavoura de milho, favorecem o desenvolvimento da doença em elevada severidade. O milho é o único hospedeiro conhecido da cigarrinha *Dalbulus maidis*.

**Controle:** O controle mais eficiente dos enfezamentos consiste na 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 da cultura. O uso de inseticidas para o controle do inseto vetor não tem apresentado eficiência satisfatória na redução da incidência dos enfezamentos.

Foto: Rodrigo Véras da Costa



**Figura 26.** Sintomas do enfezamento vermelho em planta de milho.

Foto: Rodrigo Vêras da Costa



**Figura 27.** Campo apresentando elevada incidência de plantas com Enfezamento.

Foto: Rodrigo Vêras da Costa





**Figura 28.** Sintomas do enfezamento pálido em planta de milho.

Foto: Rodrigo Vêras da Costa



**Figura 29.** Detalhe das estrias esbranquiçadas irregulares, na base das folhas, que se estendem em direção ao ápice.

### **Míldio (*Peronosclerospora sorghi*)**

**Etiologia:** Existem vários organismos causadores de míldio que afetam a cultura do milho, mas o míldio comumente observado em milho, nas condições brasileiras, é causado pelo mesmo organismo que causa o míldio do sorgo, ou seja, *Peronosclerospora sorghi*.

**Sintomas:** Plantas de milho sistemicamente infectadas por *P. sorghi*, o agente causal do míldio em milho, caracterizam-se por serem cloróticas, algumas vezes enfezadas, podendo apresentar folhas com estrias esbranquiçadas e que não chegam a produzir sementes (Figura 30). A área clorótica da folha sempre inclui a base da lâmina foliar, com margens transversas bem definidas entre tecidos doentes e saudáveis.

Foto: Carlos Roberto Casela



**Figura 30.** Míldio em milho: sintomas típicos de deformação do pendão, aparecimento de folhas estreitas e eretas e com presença de estrias esbranquiçadas.

**Epidemiologia:** Na superfície das folhas infectadas, ocorre a produção de esporângios (conídios) com temperatura ótima de produção entre 24 °C e 26 °C. Alta taxa de infecção sistêmica ocorre quando o milho é cultivado em temperaturas variando de 11 °C a 32 °C e períodos de molhamento foliar superior a 4 horas.

**Controle:** As principais medidas recomendadas para o manejo do míldio na cultura do milho são: utilização de cultivares resistentes; rotação com culturas não hospedeiras; enterrio dos restos culturais para eliminação de oósporos; e tratamento de sementes com fungicidas à base de *metalaxyl*.

## Viroses

### Rayado Fino (*Maize Rayado Fino Virus*)

**Importância e distribuição:** A virose Rayado Fino, também denominada risca, pode reduzir a produção de grãos em até 30% e ocorre nas principais regiões produtoras de milho. Essa doença é transmitida e disseminada pela cigarrinha *Dalbullos maidis*.

**Sintomas:** Os sintomas característicos são riscas formadas por numerosos pontos cloróticos coalescentes ao longo das nervuras, que são facilmente observados quando as folhas são colocadas contra a luz (Figura 31).

**Epidemiologia:** O vírus Rayado Fino ocorre sistemicamente na planta de milho e é transmitido de forma persistente propagativa pela cigarrinha *Dalbullos maidis* que, ao se alimentar de plantas doentes, adquire o vírus e o transmite 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 por grau de suscetibilidade 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.

**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 sementeira evitando as sementeiras tardias e sucessivas de milho. A aplicação de inseticidas para o controle dos vetores não tem sido um método muito efetivo no controle dessa virose.

Foto: Carlos Roberto Casela



**Figura 31.** Sintomas do Rayado Fino em folha de milho.

### **Mosaico comum do milho (*Sugarcane Mosaic Virus - SCMV*)**

**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%.

**Sintomas:** Os sintomas caracterizam-se pela formação nas folhas de manchas verde claras com áreas verde normal, dando um aspecto de mosaico (Figura 32). As plantas doentes são, normalmente, menores em altura e em tamanho de espigas e de grãos.

**Epidemiologia:** A transmissão do mosaico comum do milho é feita por várias espécies de pulgões, sendo a mais eficiente a espécie *Rhopalosiphum maidis*. Os insetos vetores adquirem os vírus em poucos segundos ou minutos e os transmitem, também, em poucos segundos ou minutos. A transmissão

desses vírus pode ser feita, também, mecanicamente. Mais de 250 espécies de gramíneas são hospedeiras dos vírus do mosaico comum do milho.

**Controle:** A utilização de cultivares resistentes é o método mais eficiente para o manejo dessa virose. A eliminação de plantas hospedeiras e a realização do plantio mais cedo podem 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.

Foto: Carlos Roberto Casela



**Figura 32.** Sintomas do mosaico comum do milho.

## Doenças causadas por nematoides

Mais de 40 espécies de 12 gêneros de nematoides têm sido citadas como parasitas de raízes de milho em todas as áreas do mundo onde este cereal é cultivado. No Brasil, as espécies mais importantes, devido à patogenicidade, à distribuição e à alta densidade populacional, são *Pratylenchus brachyurus*,

*Pratylenchus zae*, *Helicotylenchus dihystra*, *Criconemella* spp., *Meloidogyne* spp. e *Xiphinema* spp. Resultados de pesquisa demonstram que o controle químico de nematoides na cultura do milho permitiu o aumento da produção de grãos em 39% em área naturalmente infestada por *Pratylenchus zae* e *Helicotylenchus dihystra*.

A ocorrência de nematoides do gênero *Meloidogyne* parasitando o milho e causando prejuízos significativos em condições naturais foi relatada no Brasil em 1986, sendo identificada a espécie *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 nematoide do cisto (*Heterodera glycines*) na cultura da soja, o milho tem sido uma alternativa para a rotação de cultura, pois não é parasitado por este nematoide. Por outro lado, estas duas culturas podem ser parasitadas por nematoides do gênero *Meloidogyne*, notadamente por *M. incognita* e *M. javanica*.

**Sintomas** : As injúrias por nematoides variam com o gênero e a população do nematoide envolvido, as condições do solo e a idade da planta de milho. Os sistemas radiculares parasitados por nematoides 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. Plantas atacadas por nematoides apresentam, em sua parte aérea, os seguintes sintomas: enfezamento e cloroses; sintomas de murcha durante as horas mais quentes do dia, 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 nematoides, as raízes apresentam os seguintes sintomas:

- Encurtamento e engrossamento das raízes: *Trichodorus* spp., *Longidorus* spp. e *Belonolaimus* spp..
- Sistema radicular praticamente destituído de radículas: *Xiphinema* spp., *Tylenchorhynchus* spp., *Helicotylenchus* spp., *Belonolaimus* spp. e *Macroposthonia* spp..
- Sistema radicular praticamente destituído de radículas e com lesões radiculares e raízes apodrecidas: *Pratylenchus* spp., *Xiphinema* spp., *Hoplolaimus* spp. e *Helicotylenchus* spp..
- Sistema radicular com pequenas galhas: *Meloidogyne* spp..

### Fator de Reprodução (FR) do nematoide

É necessário conhecer muito bem o Fator de Reprodução (FR) das espécies de nematoides que parasitam as cultivares de milho. O FR expressa se a cultivar é excelente, boa, fraca ou não hospedeira do nematoide presente na área de cultivo do milho em relação à população inicial presente no solo infestado por este nematoide. Isto é, o FR representa a população do nematoide no estágio final da cultura em relação à população inicial do nematoide 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 ou próximo de zero.

Na avaliação da reação de 107 genótipos de milho a *Meloidogyne incognita* 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 nematoides. O FR para *Meloidogyne incognita* raça 1 variou de 8,5 a 24,3 e para a raça 3 variou de 5,3 a 34,8; enquanto que, para *M. arenaria* raça 2, variou de 16,2 a 31,9. Estes resultados mostram a existência de variabilidade genética entre os genótipos avaliados. Em outro ensaio de resistência a *Meloidogyne incognita* raça 3, empregando-se 29 cultivares de milho recomendadas para o Estado de São Paulo, todas as cultivares mostraram-se suscetíveis ao nematoide ( $FR > 1$ ).

O milho tem sido amplamente recomendado para rotação em áreas infestadas com *Meloidogyne javanica*. No entanto, mesmo não mostrando sintomas de galhas evidentes, algumas cultivares permitem uma acentuada multiplicação deste nematoide. Em avaliação de 36 genótipos de milho em relação à patogenicidade de *M. javanica*, todos apresentaram o FR < 1, indicando que estes genótipos diminuíram a população inicial deste nematoide no solo. Contudo, recentemente, em 18 genótipos de milho avaliados, todos comportaram-se como bons hospedeiros de *M. javanica*, com o FR variando de 2,2 a 6,9.

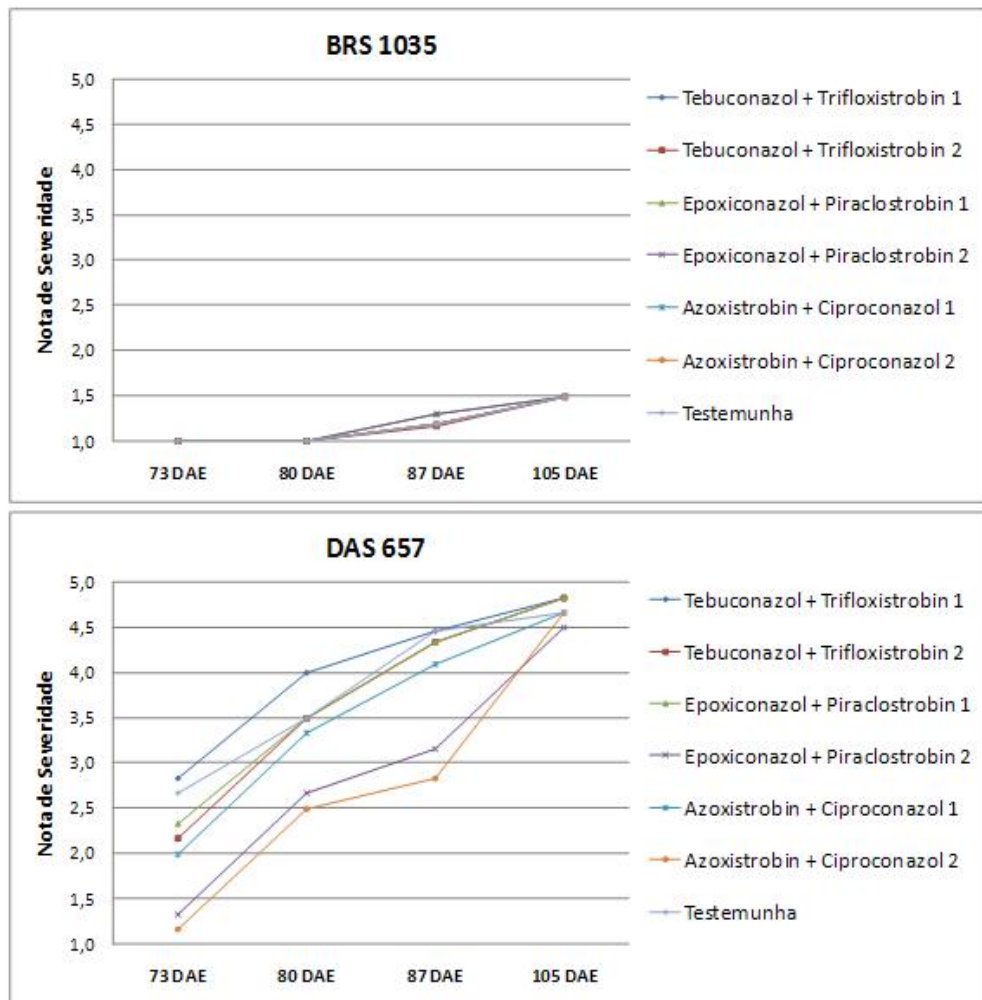
**Controle** : A utilização de cultivares resistentes é a medida mais eficiente e econômica para o controle dos nematoides que parasitam a cultura do milho. A rotação de culturas com espécie botânica não hospedeira dos nematoides presentes na área de cultivo também é recomendada. A utilização de plantas armadilha como *Crotalaria spectabilis*, as quais atraem e aprisionam larvas de nematoides, é especificamente recomendada para o controle de *Meloidogyne spp.* A espécie *Crotalaria juncea* possui alto potencial de multiplicação dos nematoides *Pratylenchus spp.* e *Helicotylenchus spp.*, enquanto a rotação com mucuna preta (*Mucuna aterrima*) diminui as populações iniciais de *Pratylenchus spp.*. O controle químico dos nematoides parasitas do milho depende da disponibilidade de produtos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, bem como da análise econômica da utilização desta tecnologia.

## Recomendações para o controle químico de doenças na cultura do milho

Os resultados de pesquisas realizadas pela Embrapa Milho e Sorgo e em outras instituições de pesquisa demonstram que o uso de fungicidas tem se mostrado uma estratégia viável e eficiente de manejo de doenças na cultura do milho. Entretanto, alguns fatores devem ser observados para que a relação custo/benefício seja positiva, ou seja, que o benefício do controle das doenças com o uso de fungicidas seja superior ao custo da sua utilização. Dentre esses fatores, o conhecimento das principais doenças que ocorrem tanto ao nível de região quanto de propriedade, o nível de resistência das cultivares às principais doenças, as condições de clima durante o período do ciclo da cultura, o sistema de produção (plantio direto, rotação de culturas etc.) e a disponibilidade de equipamentos para pulverização estão entre os mais importantes. O uso de fungicidas na cultura do milho é recomendado nas situações de elevada severidade de doenças, que são resultantes da combinação de todos, ou alguns, dos seguintes fatores: uso de genótipos suscetíveis (Figura 33); condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento das doenças; plantio direto sem rotação de culturas; e plantio continuado de milho na área.

Foto: Rodrigo Veras da Costa





**Figura 33.** Curva de progresso da mancha branca do milho nas cultivares BRS 1035 (resistente) e DAS 657 (suscetível) submetidas à aplicação de três fungicidas, em uma e duas aplicações, em comparação à testemunha sem aplicação.

Para o melhor entendimento do modo como os fungicidas atuam na produtividade da cultura do milho, é necessário considerarmos os componentes de produtividade da cultura, que são cinco: 1) número de plantas por hectare; 2) número de espigas por planta; 3) número de fileiras por espiga; 4) número de grãos por fileira; e 5) peso de grãos. O primeiro componente, número de plantas por hectare, talvez o mais importante deles, é definido na fase de germinação e emergência das plântulas, no início do ciclo da cultura. Os componentes 2 e 3 (número de espigas por planta e número de fileiras por espiga) são definidos entre as fases V5 e V8 (cinco a oito folhas) e o quarto componente (número de grãos por fileira) é definido entre as fases V12 e VT (12 folhas até o pendoamento). Finalmente, o último componente de produtividade do milho, peso de grãos, é definido de R1 a R6 (florescimento à maturidade fisiológica).

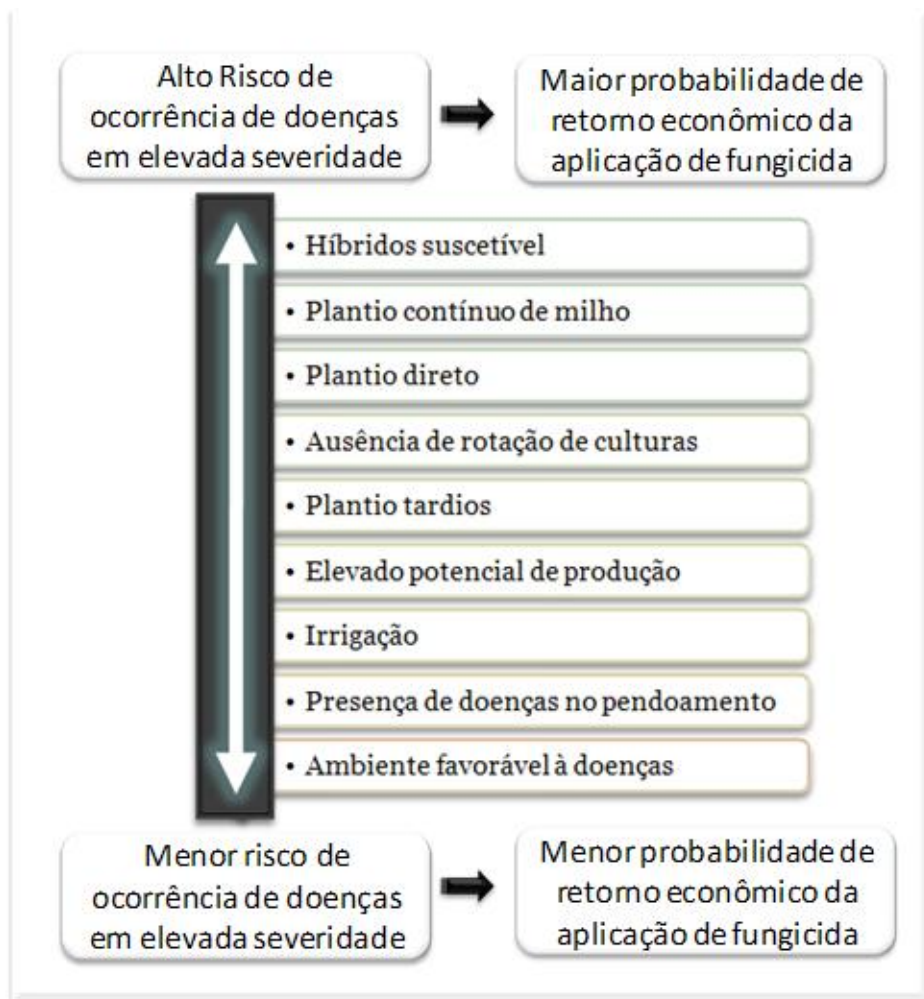
Portanto, fica evidente que, quando a cultura atinge a fase do pendoamento, seu potencial produtivo já está definido, pois os quatro componentes de produtividade que poderiam resultar em aumento do número de grãos já ocorreram. A partir desse momento, ocorre apenas a realização do potencial produtivo através do enchimento dos grãos. As aplicações de fungicidas na fase do pendoamento apenas interferem no último componente de produtividade e atuam preservando o potencial produtivo da cultura através da proteção contra as perdas causadas pelas doenças. É correto afirmar, então, que a aplicação de fungicidas não aumenta o potencial produtivo da cultura, mas evita perdas na produtividade em função da proteção conferida durante o período de enchimento dos grãos.

Tem sido demonstrado que alguns fungicidas, notadamente aqueles pertencentes ao grupo das estrobilurinas, apresentam efeitos que vão além do controle de doenças, denominados efeitos fisiológicos. Dentre esses efeitos, estão maior resistência a vários tipos de estresses como seca e nutricional, aumento da capacidade fotossintética, redução da respiração foliar e maior eficiência do uso de água. Os estudos sobre os efeitos fisiológicos de fungicidas foram bem desenvolvidos na cultura da soja. Na cultura do milho, entretanto, esses efeitos não têm sido tão evidentes, sendo detectada, em algumas situações, menor produtividade em áreas pulverizadas com fungicidas quando comparadas a áreas não pulverizadas.

Desse modo, mais estudos são necessários para definir a existência e a magnitude dos efeitos fisiológicos de fungicidas em plantas de milho. Por outro lado, considerando também a possibilidade de surgimento de populações de patógenos resistentes às moléculas fungicidas, em função do seu uso intensivo, e os efeitos negativos desses produtos no meio ambiente, é coerente enxergarmos os fungicidas como ferramenta importante, especificamente para o manejo de doenças, e buscarmos elevar os níveis de produtividade da cultura através de melhorias e adequações em seu sistema de produção.

No processo de tomada de decisão sobre a necessidade de aplicação de fungicidas na cultura do milho, o primeiro fator a ser observado é o nível de resistência da cultivar em relação às principais doenças presentes na região e na propriedade. De modo geral, não se recomenda a aplicação de fungicidas para cultivares resistentes (Figura 33). Os maiores retornos econômicos resultantes do uso de fungicidas na cultura do milho ocorrem em situações de alto risco de ocorrência de doenças em elevada severidade, situação caracterizada, principalmente, pelos seguintes componentes: uso de genótipos suscetíveis; plantio contínuo de milho na área; e uso do sistema de plantio direto sem rotação de culturas (Figura 34).

Foto: Rodrigo Veras da Costa



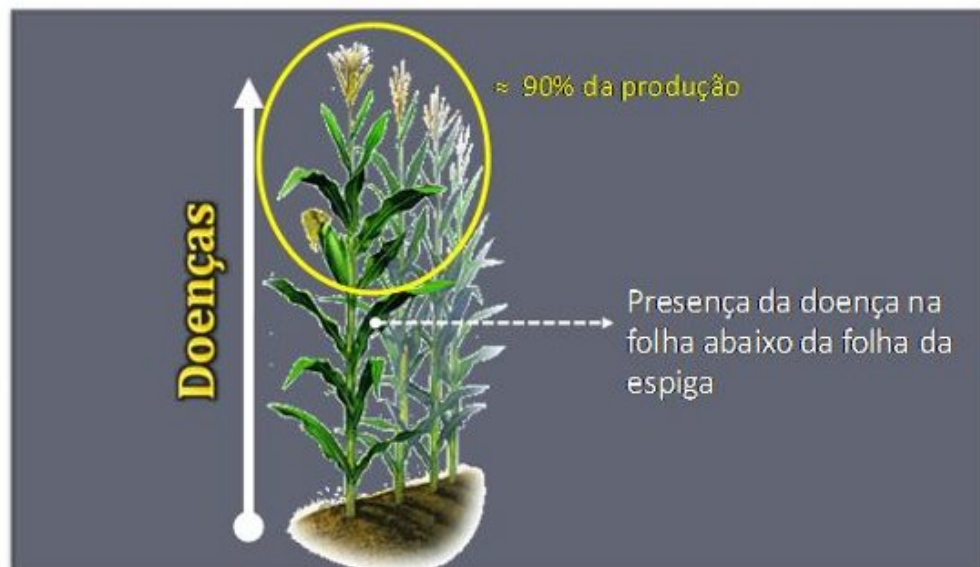
**Figura 34.** Caracterização de ambientes de maior e menor risco de ocorrência de doenças em elevada severidade e probabilidade de retorno econômico da aplicação de fungicidas na cultura do milho.

Outro fator importante a ser considerado para a tomada de decisão, tanto sobre a necessidade de aplicação quanto da escolha do produto a ser utilizado, é que as doenças normalmente ocorrem de modo simultâneo no campo, o que pode influenciar a eficiência da aplicação. Por exemplo, os fungicidas do grupo químico dos triazóis apresentam uma baixa eficiência no controle da mancha branca, uma doença de ampla ocorrência nas principais regiões produtoras do país. Desse modo, para garantir uma maior eficiência das aplicações, é fundamental a realização do monitoramento da lavoura na fase de pré-pendoamento, antes da aplicação do fungicida.

Considerando que as folhas acima da espiga contribuem, em média, com mais de 90% da produção das plantas de milho e que as doenças foliares, na sua maioria, aparecem inicialmente nas folhas baixas e progredem em direção às folhas superiores, a folha abaixo da espiga representa uma boa referência para a realização de inspeções de campo. A presença de sintomas de doenças nessa folha, em cultivares suscetíveis, associados a

condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento das doenças, representam um indicação da necessidade de se intervir com a aplicação de fungicidas (Figura 35). Condições de ambiente caracterizadas por temperaturas elevadas e baixa umidade relativa do ar desfavorecem a maioria das doenças fungicidas que atacam a cultura do milho. No entanto, temperaturas moderadas e ambientes úmidos (elevada umidade relativa do ar, chuvas frequentes, irrigação e orvalho) favorecem essas enfermidades.

Foto: Rodrigo Veras da Costa



**Figura 35.** Presença de doença na folha abaixo da folha da espiga como critério para auxiliar no processo de tomada de decisão sobre a aplicação de fungicidas na cultura do milho. Outros critérios, como condições climáticas e suscetibilidade da cultivar, devem ser considerados de modo conjunto.

Atualmente, todos os produtos comerciais registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para o manejo de doenças do milho pertencem aos grupos químicos dos triazóis e das estrobilurinas, formulados puros ou em misturas (Tabela 1). As características desses produtos também devem ser consideradas, quando da sua utilização, visando a uma maior eficiência no controle das doenças. As estrobilurinas atuam a nível de respiração mitocondrial, sendo mais efetivas nas fases iniciais do ciclo de vida dos fungos, ou seja, na germinação dos esporos e nos processos iniciais de infecção. Os fungicidas triazóis, que atuam a nível da biossíntese de ergosterol, um componente da membrana celular dos fungos, podem promover o controle de patógenos fúngicos em fases mais avançadas do seu ciclo, como a colonização (crescimento micelial) e a pré-esporulação. Portanto, as aplicações de produtos pertencentes a esses grupos químicos apresentam maior eficiência quando são realizadas nos sintomas iniciais das doenças no campo. Normalmente, as aplicações realizadas em situações de elevada intensidade de doenças são menos efetivas.

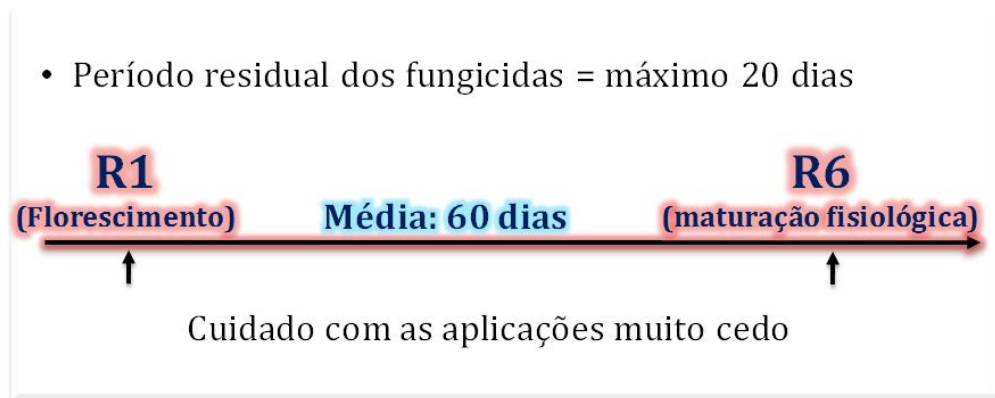
**Tabela 1.** Grupos químicos e ingredientes ativos de fungicidas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para o controle de doenças na cultura do milho.

Grupo Químico	Ingrediente ativo
Estrobilurina	Piraclostrobin
Triazol	Tebuconazol
	Propiconazol
Triazol + Estrobilurina	Azoxistrobin + Ciproconazol
	Propiconazol + Trifloxistrobin
	Tebuconazol + Piraclostrobin
	Epoxiconazol + Piraclostrobin

Fonte: Ministério da Agricultura.

Quanto à decisão sobre a melhor época de aplicação de fungicidas para o controle de doenças na cultura do milho, dois pontos devem ser considerados: 1) a fase do ciclo da cultura na qual as plantas são mais sensíveis ao ataque de patógenos; e 2) o período de ocorrência das principais doenças. Conforme já mencionado anteriormente, na fase compreendida entre o pendoamento (VT) e grãos leitosos (R3), as plantas de milho necessitam do máximo de sua capacidade fotossintética, pois começa um intenso período de translocação de fotoassimilados para as espigas. Nessa fase, qualquer fator que interfira negativamente reduzindo a área foliar e, conseqüentemente, a sua capacidade fotossintética, resulta em reduções significativas na produtividade de grãos. Essa é a fase considerada crítica para a cultura do milho e que deve ser considerada quando se pretende proteger as plantas via aplicação de fungicidas. Se considerarmos que o período residual máximo dos fungicidas dos grupos das estrobilurinas e triazóis está em torno de 15 a 20 dias e que a fase de enchimento de grãos no milho dura, em média, 60 dias, deve-se ter cuidado com as aplicações realizadas muito cedo, ainda na fase vegetativa da cultura (como exemplo, no estágio de oito folhas, como é feito nas aplicações com pulverizadores de arrasto), pois quando as plantas realmente necessitarem da proteção química os produtos não estarão mais efetivos (Figura 36).

Foto: Rodrigo Veras da Costa



**Figura 36.** Período residual dos fungicidas em relação ao período de enchimento dos grãos na cultura do milho.

Por outro lado, é necessário considerar, também, o momento do aparecimento das doenças na lavoura. Algumas doenças, como as ferrugens e, em algumas situações, a mancha branca, podem incidir ainda na fase vegetativa da cultura e, numa situação de uso de cultivares suscetíveis e de predominância de condições ambientais favoráveis, o controle químico deve ser considerado de modo a evitar que elevados níveis de doenças alcancem as folhas acima da espiga na fase de florescimento da cultura. Fica, portanto, evidente que a época ideal para a realização das aplicações de fungicidas na cultura do milho depende de um monitoramento da lavoura, que deve ser iniciado ainda na fase vegetativa da cultura. Todos os aspectos acima mencionados devem ser considerados para a tomada de decisão.

A disponibilidade de equipamentos para pulverização é outro fator que influencia a eficiência do manejo de doenças na cultura do milho através de fungicidas. De modo geral, os equipamentos utilizados são os pulverizadores de arrasto, principalmente em pequenas propriedades, e autopropelidos e aeronaves, em grandes propriedades. No caso dos pulverizadores de arrasto, as pulverizações podem ser realizadas em plantas com até 100cm de altura, aproximadamente, ou seja, por volta do estágio de 8 a 9 folhas definitivas (V8 a V9). Nesse caso, deve-se dar preferência para o plantio de cultivares que apresentem bom nível de resistência às principais doenças, pois, em situações de condições favoráveis ao desenvolvimento das doenças e uso de cultivares suscetíveis, a aplicação de fungicidas muito cedo (V8 a V9) provavelmente será insuficiente para o controle adequado das doenças, com consequentes perdas na produtividade. Os equipamentos autopropelidos, cuja altura de eixo é de aproximadamente 120cm, permitem a realização de aplicações em fases mais avançadas do ciclo (V10 a VT), quando comparados aos pulverizadores de arrasto. As pulverizações realizadas com aviões, embora apresentem um custo mais elevado, não apresentam as limitações mencionadas anteriormente. Os resultados de trabalhos de pesquisa têm mostrado que a eficiência dessa modalidade de aplicação é equivalente àquela observada nos pulverizadores terrestres.

Atualmente, existem nove fungicidas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para o controle de doenças da parte aérea da cultura do milho. Todos esses produtos são pertencentes aos grupos químicos dos triazóis e das estrobilurinas, formulados isoladamente ou em misturas (Tabela 2). Os fungicidas à base de triazóis e estrobilurinas são eficientes para o controle de várias doenças na cultura do milho (Figura 37).

**Tabela 2.** Fungicidas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para o manejo de doenças da parte aérea na cultura do milho.

Produto comercial	Ingrediente ativo	Grupo químico	Classe Toxicológica	Formulação	Dose (L/ha)
Comet	Piraclostrobin	Estrobilurina	II	CE	0,60
Constant	Tebuconazol	Triazol	III	CE	1,00
Elite	Tebuconazol	Triazol	III	CE	1,00
Folicur	Tebuconazol	Triazol	III	CE	1,00
Nativo	Tebuconazol + Trifloxistrobin	Triazol + Estrobilurina	III	SC	0,75
Ópera	Epoxiconazol + Piraclostrobin	Triazol + Estrobilurina	II	SE	0,75
Priori Xtra	Azoxistrobin + Ciproconazol	Estrobilurina + Triazol	III	SC	0,30
Stratego	Propiconazol + Trifloxistrobin	Triazol + Estrobilurina	II	CE	0,80
Tilt	Propiconazol	Triazol	III	CE	0,40
Triade	Tebuconazol	Triazol	III	CE	1,00

Fonte: Ministério da Agricultura.

Foto: Rodrigo Veras da Costa

**Tabela 2.** Fungicidas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para o manejo de doenças da parte aérea na cultura do milho.

Produto Comercial	Princípio Ativo	Conc.	Dose (L/ha)	Recomendação
Abacus HC	piraclostrobina (estrobilurina)	260 g/L	0,25-0,38	Puccinia sorghi; Puccinia polysora; Phaeosphaeria maydis
	epoxiconazol (triazol)	160 g/L		
Envoy	piraclostrobina (estrobilurina)	85 g/L	0,7-1,0	Cercospora zeae-maydis; Phaeosphaeria maydis
	epoxiconazol (triazol)	62,5 g/L		
Opera	piraclostrobina (estrobilurina)	133 g/L	0,75	Phaeosphaeria maydis; Puccinia polysora
	epoxiconazol (triazol)	50 g/L		
Prospect	piraclostrobina (estrobilurina)	133 g/L	0,75	Puccinia polysora; Phaeosphaeria maydis
	epoxiconazol (triazol)	50 g/L		
Shake	piraclostrobina (estrobilurina)	85 g/L	0,7 - 1,0	Cercospora zeae-maydis; Phaeosphaeria maydis
	epoxiconazol (triazol)	62,5 g/L		

Opera Ultra	piraclostrobina (estrobilurina)	130 g/L	0,5 - 0,75	Puccinia sorghi; Puccinia polysora; Phaeosphaeria maydis
	epoxiconazol (triazol)	80 g/L		
Comet	piraclostrobina (estrobilurina)	250 g/L	0,6	Phaeosphaeria maydis; Puccinia polysora
	Picoxistrobina (estrobilurina)	200 g/L		
Aproach Prima	ciproconazol (triazol)	80 g/L	0,3 - 0,45	Phaeosphaeria maydis; Cercospora zeae-maydis; Puccinia sorghi
	azoxistrobina (estrobilurina)	200 g/L		
Priori Xtra	ciproconazol (triazol)	80 g/L	0,3	Cercospora zeae-maydis; Phaeosphaeria maydis
	trifloxistrobina (estrobilurina)	100 g/L		
Nativo	tebuconazol (triazol)	200 g/L	0,6 - 0,75	Phaeosphaeria maydis; Puccinia polysora
	trifloxistrobina (estrobilurina)	125 g/L		
Stratego 250 EC	propiconazol (triazol)	125 g/L	0,6 - 0,8	Puccinia sorghi; Cercospora zeae-maydis; Puccinia polysora; Phaeosphaeria maydis
Propiconazole Nortox	propiconazol (triazol)	250 g/L	1	Puccinia sorghi; Exserohilum turcicum; Puccinia polysora
Tilt	propiconazol (triazol)	250 g/L	0,4	Physopella zeae; Exserohilum turcicum
Tino	propiconazol (triazol)	250 g/L	0,4	Physopella zeae; Ferrugem-tropical
Egan	tebuconazol (triazol)	200 g/L	1	Puccinia sorghi; Didymella bryoniae; Puccinia polysora
Elite	tebuconazol (triazol)	200 g/L	1	Puccinia sorghi; Exserohilum turcicum; Puccinia polysora
Rival 200 EC	tebuconazol (triazol)	200 g/L	1	Puccinia sorghi; Exserohilum turcicum; Puccinia polysora
Tebufort	tebuconazol (triazol)	200 g/L	1	Exserohilum turcicum; Puccinia polysora
Triade	tebuconazol (triazol)	200 g/L	1	Puccinia polysora Exserohilum turcicum Puccinia sorghi
Constant	tebuconazol (triazol)	200 g/L	1	P. sorghi E. turcicum C.ae-maydis Puccinia polysora
Folicur 200 EC	tebuconazol (triazol)	200 g/L	1	Puccinia sorghi; Exserohilum turcicum; Cercospora zeae-maydis; Puccinia polysora
Icarus 250 EC	tebuconazol (triazol)	250 g/L	0,8	Puccinia sorghi
Eminent 125 EW	tetraconazol (triazol)	125 g/L	0,6 - 0,8	Phaeosphaeria maydis; Puccinia polysora; Cercospora zeae-maydis



Eminent 125 EW tetraconazol  
(triazol)

125 g/L

0,6 - 0,8

Phaeosphaeria maydis; Puccinia polysora; Cercospora zeae-maydis

Fonte: Ministério da Agricultura.

Doenças	Triazóis	Estrobilurinas	Triazois + Estrobilurinas
Cercosporiose	+++	+++	+++
Mancha Branca	-	++	++
Ferrugens	+++	+++	+++
Helmintosporioses	+	+	++
Mancha de diplodia	++	++	+++

**Figura 37.** Eficiência de fungicidas para o controle de doenças na cultura do milho (+ eficiente; - ineficiente).

**Autores deste tópico:**Dagma Dionisia da Silva,Luciano Viana Cota,Rodrigo Veras da Costa

## Pragas

A 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 praga e pela competição com outros fatores, como plantas daninhas, doenças ou estresses abióticos como escassez de água, por exemplo. Em função da espécie de insetos e da época de ataque pode não ocorrer a morte da planta, e sim uma redução parcial de sua capacidade 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 aspectos ambientais, notadamente quando ainda se considera a utilização de um inseticida químico como parte das táticas do manejo. A [tabela 1](#) relaciona todos os inseticidas registrados para a cultura do milho.

As [pragas iniciais](#) atacam as sementes, raízes e plântulas (Plantas jovens) do milho após a semeadura. O tipo de ataque reduz o número de plantas na área cultivada e o potencial produtivo da lavoura. Esses insetos são de hábito subterrâneo ou superficiais e a maioria das vezes passam despercebidos pelo agricultor, dificultando o emprego de medidas para o seu controle.

Os danos causados pelas [pragas da fase vegetativa e reprodutiva](#) do milho variam de acordo com o estágio fenológico da planta, condições edafoclimáticas, sistemas de cultivo e fatores bióticos localizados. Nessas fases, a cultura é atacada por várias espécies-praga.

A definição de [Manejo Integrado de Pragas \(MIP\)](#) adotada por um painel organizado pela FAO enuncia: "Manejo Integrado de Pragas é o sistema de manejo de pragas que no contexto associa o ambiente e a dinâmica populacional da espécie, utiliza todas as técnicas apropriadas e métodos de forma tão compatível quanto possível e mantém a população da praga em níveis abaixo daqueles capazes de causar dano econômico".

Os fundamentos, tanto do Controle Integrado como do Manejo Integrado de Pragas, baseiam-se em quatro elementos: na exploração do controle natural, dos níveis de tolerância das plantas aos danos causados pelas pragas, no monitoramento das populações para tomadas de decisão e na biologia e ecologia da cultura e de suas pragas. Estas premissas implicam no conhecimento dos fatores naturais de mortalidade, nas definições das densidades populacionais ou da quantidade de danos causados pelas espécies-alvo equivalentes aos níveis de dano econômico (NDE) e de controle (NC), que fica imediatamente abaixo do NDE. Outra variável importante seria a determinação do nível de equilíbrio (NE) das espécies que habitam o agroecossistema em questão. Em função da flutuação da densidade da espécie-alvo e de sua posição relativa a esses três níveis (NE, NDE E NC) ao longo do tempo, as espécies podem ser classificadas em pragas-chave (densidade populacional sempre acima do NDE), pragas esporádicas (densidade na lavoura raramente atinge o NDE) e não-pragas (a densidade da espécie em questão nunca atinge o NDE). Mais recentemente tem sido proposto também o nível de não-controle (NNC), ou seja, a densidade populacional de uma ou mais espécies de inimigos naturais capaz de reduzir a população da espécie -alvo a níveis não econômicos, dispensando assim, a utilização de medidas de controle. A partir da safra 2008/2009 o Brasil passou a cultivar oficialmente milhos transgênicos, desta forma é importante que os produtores tenham informações sobre o [Manejo Integrado de pragas em lavouras plantadas com milho geneticamente modificado com gene bt \(Milho Bt\)](#).

**Tabela 1.** Inseticidas registrados para o controle de insetos-praga na cultura do milho – Setembro/2012.

Praga	Ingrediente Ativo	Nome Comercial	Form.	C.TOX.	DOSE (p.c.)	Fabricante
<i>Acromyrmex landolti</i>	landolti fipronil	Klap	SC	III	20 ml/ha	BASF
<i>Agrotis ipsilon</i>	carbosulfano	Fenix Star	LS	II	1500 ml/100 kg sem.	FMC
<i>Agrotis ipsilon</i>	carbofurano	Furadan 350 TS	SC	I	2000-3000 ml/100 kg sem.	FMC
<i>Agrotis ipsilon</i>	cipermetrina	Galgotrin	EC	I	60 ml/ha	CHEMOTÉCNICA
<i>Agrotis ipsilon</i>	clorpirifós	Lorsban 480 BR	EC	II	1000 ml/ha	DOW AGROSCIENCES
<i>Agrotis ipsilon</i>	clorpirifós	Vexter	EC	II	1000 ml/ha	DOW AGROSCIENCES
<i>Agrotis ipsilon</i>	lambda-cialotrina	Karate Zeon 250 CS	CS	III	100 ml/ha	SYNGENTA
<i>Agrotis ipsilon</i>	lambda-cialotrina	Karate Zeon 50 CS	CS	III	500-600 ml/ha	SYNGENTA
<i>Agrotis ipsilon</i>	permetrina	Pounce 384 EC	EC	III	100-130 ml	FMC
<i>Agrotis ipsilon</i>	terbufós	Counter 150 G	GR	I	13 kg/ha	AMVAC
<i>Astylus variegatus</i>	carbofurano	Furadan 350 TS	SC	I	2000-3000 ml/100 kg sem.	FMC
<i>Atta sexdens rubropilosa</i>	fipronil	Klap	SC	III	20 ml/ha	BASF
<i>Cornitermes snyderi</i>	carbofurano	Furadan 350 TS	SC	I	2000-3000 ml/100 kg sem.	FMC

<i>Dalbulus maidis</i>	tiametoxam	Cruiser 350 FS	SC	III	400 ml/100 kg sem.	SYNGENTA
<i>Dalbulus maidis</i>	tiametoxam	Cruiser 700 WS	WS	III	150-200 g/100 kg sem.	SYNGENTA
<i>Dalbulus maidis</i>	clotianidina	Poncho	FS	III	400 ml/100 kg sem.	BAYER
<i>Dalbulus maidis</i>	imidacloprido	Gaucho 600 A	SC	III	800 ml/100 kg sem.	BAYER
<i>Dalbulus maidis</i>	imidacloprido	Gaucho FS	FS	III	800 ml/100 kg sem.	BAYER
<i>Dalbulus maidis</i>	imidacloprido	Imidacloprid 600 FS	SC	III	800 ml/100 kg sem.	ROTAM
<i>Dalbulus maidis</i>	imidacloprido	Saluzi 600 FS	FS	III	800 ml/100 kg sem.	ROTAM
<i>Deois flavopicta</i>	imidacloprido+tiodicarbe	Cropstar	SC	II	250-350 ml/ha	BAYER
<i>Deois flavopicta</i>	tiametoxam	Cruiser 350 FS	SC	III	400 ml/100 kg sem.	SYNGENTA
<i>Deois flavopicta</i>	tiametoxam	Cruiser 700 WS	WS	III	150-200 g/100 kg sem.	SYNGENTA
<i>Deois flavopicta</i>	carbosulfano	Fenix	FS	II	2400-2800 ml/100 kg sem.	FMC
<i>Deois flavopicta</i>	tiodicarbe	Tiodicarbe 350 SC	SC	I	2000 ml/100 kg sem.	ROTAM
<i>Deois flavopicta</i>	carbofurano	Diafuran 50	GR	I	20 kg/ha	FMC
<i>Deois flavopicta</i>	imidacloprido	Gaucho 600 A	SC	III	600 ml/100 kg sem.	BAYER
<i>Deois flavopicta</i>	imidacloprido	Gaucho FS	FS	III	600 ml/100 kg sem.	BAYER
<i>Deois flavopicta</i>	imidacloprido	Imidacloprid 600 FS	SC	III	600 ml/100 kg sem.	ROTAM
<i>Deois flavopicta</i>	imidacloprido	Saluzi 600 FS	FS	III	600 ml/100 kg sem.	ROTAM
<i>Deois flavopicta</i>	tiodicarbe	Saddler 350 SC	SC	I	2000 ml/100 kg sem.	ROTAM
<i>Deois flavopicta</i>	tiodicarbe	Semevin 350	SC	III	2000 ml/100 kg sem.	BAYER
<i>Diabrotica speciosa</i>	bifentrina	Capture 400 EC	EC	III	75 ml/ha	FMC
<i>Diabrotica speciosa</i>	clorpirifós	Astro	EW	III	300-500 ml/ha	BAYER
<i>Diabrotica speciosa</i>	clorpirifós	Lorsban 10 GR	GR	IV	11 kg/ha	DOW AGROSCIENCES
<i>Diabrotica speciosa</i>	clorpirifós	Sabre	EW	III	2600 ml/ha	DOW AGROSCIENCES
<i>Diabrotica speciosa</i>	fipronil	Regent 800 WG	WG	II	0,1 kg/ha	BASF
<i>Diabrotica speciosa</i>	forato	Granutox 150 G	GR	II	17 kg/ha	AMVAC
<i>Diabrotica speciosa</i>	imidacloprido	Gaucho	WS	IV	700 g/100 kg sem.	BAYER
<i>Diabrotica speciosa</i>	terbufós	Counter 150 G	GR	I	13 kg/ha	AMVAC
<i>Diatraea saccharalis</i>	lambda-cialotrina	Karate Zeon 50 CS	CS	III	300 ml/ha	SYNGENTA
<i>Dichelops furcatus</i>	tiametoxam	Cruiser 350 FS	SC	III	600 ml/100 kg sem.	SYNGENTA
<i>Dichelops furcatus</i>	tiametoxam	Cruiser 700 WS	WS	III	300 g/100 kg sem.	SYNGENTA
<i>Dichelops furcatus</i>	clotianidina	Poncho	FS	III	350 ml/100 kg sem.	BAYER
<i>Dichelops furcatus</i>	imidacloprido	Gaucho 600 A	SC	III	350 ml/100 kg sem.	BAYER
<i>Dichelops furcatus</i>	imidacloprido	Gaucho FS	FS	III	350 ml/100 kg sem.	BAYER
<i>Dichelops melacanthus</i>	tiametoxam+cipermetrina	Alika	EC	III	200-300 ml/ha	SYNGENTA
<i>Dichelops melacanthus</i>	imidacloprido, beta-ciflutrina	Connect	SC	II	500-1000 ml/ha	BAYER
<i>Dichelops melacanthus</i>	imidacloprido, tiodicarbe	Cropstar	SC	II	20-350 ml/ha	BAYER
<i>Dichelops melacanthus</i>	cipermetrina	Engeo	EC	III	200-300 ml/ha	SYNGENTA

<i>Dichelops melacanthus</i>	clotianidina	Poncho	FS	III	350 ml/100 kg sem.	BAYER
<i>Dichelops melacanthus</i>	lambda-cialotrina	Engeo Pleno	SC	III	200-250 ml/ha	SYNGENTA
<i>Dichelops melacanthus</i>	lambda-cialotrina	Karate Zeon 50 CS	CS	III	300 ml/ha	SYNGENTA
<i>Diloboderus abderus</i>	tiodicarbe	Futur 300	SC	III	2000 ml/100 kg sem.	BAYER
<i>Diloboderus abderus</i>	tiodicarbe	Tiodicarbe 350 SC	SC	I	2000 ml/100 kg sem.	ROTAM
<i>Diloboderus abderus</i>	bifentrina	Capture 120 FS	FS	II	1000-1500 ml/100 kg sem.	FMC
<i>Diloboderus abderus</i>	tiodicarbe	Saddler 350 SC	SC	I	2000 ml/100 kg sem.	ROTAM
<i>Diloboderus abderus</i>	tiodicarbe	Semevin 350	SC	III	2000 ml/100 kg sem.	BAYER
<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	carbofurano	Carboran Fersol 350 SC	SC	I	2000 ml/ha	FERSOL
<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	imidacloprido + tiodicarbe	Cropstar	SC	II	300-350 ml/ha	BAYER
<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	tiametoxam	Cruiser 350 FS	SC	III	600 ml/100 kg sem.	SYNGENTA
<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	tiametoxam	Cruiser 700 WS	WS	III	300 ml/100 kg sem.	SYNGENTA
<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	carbofurano	Diafuran 50	GR	I	30 kg/ha	FMC
<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	carbosulfano	Fenix	FS	II	2400-2800 ml/100 kg sem.	FMC
<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	carbosulfano	Fenix Star	LS	II	1250 ml /100 kg sem.	FMC
<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	carbofurano	Furadan 350 SC	SC	I	3000-4000 ml/ha	FMC
<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	carbofurano	Furadan 350 TS	SC	I	2000-3000 ml/100 kg sem.	FMC
<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	carbofurano	Furadan 50 GR	GR	III	20-30 kg/ha	FMC
<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	carbofurano	Furazin 350 FS	SC	I	2250 ml/100 kg sem.	FMC
<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	tiodicarbe	Futur 300	SC	III	2000 ml/100 kg sem.	BAYER
<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	clorpirifós	Lorsban 480 BR	EC	II	1000 ml/ha	DOW AGROSCIENCES
<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	carbosulfano	Marzinc 250 DS	DS	II	2,0 kg/100 kg sem.	FMC
<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	furatiocarbe	Promet 400 CS	SL	III	1600 ml/100 kg sem.	SYNGENTA
<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	tiodicarbe	Saddler 350 SC	SC	I	2000 ml/100 kg sem.	ROTAM
<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	tiodicarbe	Semevin 350	SC	III	2000 ml/100 kg sem.	BAYER
<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	tiodicarbe	Tiodicarbe 350 SC	SC	I	2000 ml/100 kg sem.	ROTAM
<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	clorpirifós	Vexter	EC	II	1000 ml/ha	DOW AGROSCIENCES
<i>Frankliniella williamsi</i>	imidacloprido+tiodicarbe	Cropstar	SC	II	250-350 ml/ha	BAYER
<i>Frankliniella williamsi</i>	clotianidina	Poncho	FS	III	350 ml/100 kg sem.	BAYER
<i>Frankliniella williamsi</i>	imidacloprido	Gaicho 600 A	SC	III	800 ml/100 kg sem.	BAYER
<i>Frankliniella williamsi</i>	imidacloprido	Gaicho FS	FS	III	800 ml/100 kg sem.	BAYER
<i>Frankliniella williamsi</i>	imidacloprido	Imidacloprid 600 FS	SC	III	800 ml/100 kg sem.	ROTAM
<i>Frankliniella williamsi</i>	imidacloprido	Saluzi 600 FS	FS	III	800 ml/100 kg sem.	ROTAM
<i>Frankliniella williamsi</i>	lambda-cialotrina	Engeo Pleno	SC	III	200-250 ml/ha	SYNGENTA
<i>Helicoverpa zea</i>	triclorfom	Dipterex 500	SL	II	800-2000 ml/ha	UNITED

<i>Mocis latipes</i>	Bacillus thuringiensis	Thuricide	WP	IV	0,4-0,6 kg/ha	BIO CONTROLE
<i>Mocis latipes</i>	clorpirifós	Lorsban 480 BR	EC	II	600 ml/ha	DOW AGROSCIENCES
<i>Mocis latipes</i>	clorpirifós	Vexter	EC	II	600 ml/ha	DOW AGROSCIENCES
<i>Mocis latipes</i>	malationa	Malathion 500 CE	EC	III	2500 ml/ha	ACTION
<i>Mocis latipes</i>	triclorfom	Dipterex 500	SL	II	800-2000 ml/ha	UNITED
<i>Phyllophaga cuyabana</i>	fipronil	Amulet	SC	III	40-50 ml/ha	BASF
<i>Phyllophaga cuyabana</i>	clotianidina	Poncho	FS	III	350 ml/100 kg sem.	BAYER
<i>Phyllophaga cuyabana</i>	fipronil	Belure	FS	III	40-50 ml/ha	BASF
<i>Phyllophaga cuyabana</i>	fipronil	Standak	SC	III	40-50 ml/ha	BASF
<i>Phyllophaga cuyabana</i>	fipronil	Violin TS	FS	III	40-50 ml/ha	BASF
<i>Pratylenchus brachyurus</i>	carbofurano	Diafuran 50	GR	I	60 kg/ha	FMC
<i>Pratylenchus zea</i>	carbofurano	Diafuran 50	GR	I	60 kg/ha	FMC
<i>Pratylenchus zea</i>	carbofurano	Furadan 50 GR	GR	III	35 kg/ha	FMC
<i>Procornitermes triacifer</i>	carbosulfano	Fenix	FS	II	2000-2800 ml/100 kg sem.	FMC
<i>Procornitermes triacifer</i>	carbofurano	Furazin 310 FS	SC	I	2250 ml/100 kg sem.	FMC
<i>Procornitermes triacifer</i>	carbosulfano	Marzinc 250 DS	DS	II	2000 g/100 kg sem.	FMC
<i>Procornitermes triacifer</i>	benfuracarbe	Laser 400 SC	SC	II	1750-2500 ml/100 kg sem.	IHARABRAS
<i>Procornitermes triacifer</i>	benfuracarbe	Oncol Sipcam	SC	II	1750-2500 ml/100 kg sem.	SIPCAM ISAGRO
<i>Procornitermes triacifer</i>	carbofurano	Furadan 350 TS	SC	I	2000-3000 ml/100 kg sem.	FMC
<i>Procornitermes triacifer</i>	imidacloprido	GaUCHO 600 A	SC	III	250 ml/100 kg sem.	BAYER
<i>Procornitermes triacifer</i>	imidacloprido	GaUCHO FS	FS	III	250 ml/100 kg sem.	BAYER
<i>Procornitermes triacifer</i>	terbufós	Counter 150 G	GR	I	13 kg/ha	AMVAC
<i>Pseudaletia sequax</i>	zeta-cipermetrina	Fury 400 EC	EC	II	37,5 ml/ha	FMC
<i>Pseudaletia sequax</i>	zeta-cipermetrina	Mustang 350 EC	EC	II	100 ml/ha	FMC
<i>Rhopalosiphum maidis</i>	imidacloprido+tiodicarbe	Cropstar	SC	II	250-350 ml/ha	BAYER
<i>Rhopalosiphum maidis</i>	clotianidina	Poncho	FS	III	400 ml/100 kg sem.	BAYER
<i>Rhopalosiphum maidis</i>	imidacloprido	GaUCHO 600 A	SC	III	400 ml/100 kg sem.	BAYER
<i>Rhopalosiphum maidis</i>	imidacloprido	GaUCHO FS	FS	III	400 ml/100 kg sem.	BAYER
<i>Scaptocoris castanea</i>	terbufós	Counter 150 G	GR	I	13 kg/ha	AMVAC
<i>Spodoptera frugiperda</i>	alfa-cipermetrina	Fastac 100 SC	SC	III	50 ml/ha	BASF
<i>Spodoptera frugiperda</i>	triflumrom	Alsystin 250 WP	WP	IV	0,1 kg/ha	BAYER
<i>Spodoptera frugiperda</i>	carbofurano	Carboran Fersol 350 SC	SC	I	2000ml/100 kg sem.	FERSOL
<i>Spodoptera frugiperda</i>	imidacloprido+beta-ciflutrina	Connect	SC	II	750-1000 ml/ha	BAYER
<i>Spodoptera frugiperda</i>	imidacloprido+tiodicarbe	Cropstar	SC	II	300-350 ml/ha	BAYER

<i>Spodoptera frugiperda</i>	<i>parationa-metíllica</i>	Ferus	EC	I	650 ml/ha	CHEMINOVA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	tiodicarbe	Futur 300	SC	III	2000 ml/100 kg sem.	BAYER
<i>Spodoptera frugiperda</i>	enxofre	Kumulus DF	WG	IV	1 kg/ha	BASF
<i>Spodoptera frugiperda</i>	metomil	Lannate BR	SL	I	600 ml/ha	DU PONT
<i>Spodoptera frugiperda</i>	Gama-cialotrina	Stallion 60 CS	CS	III	60 ml/ha	CHEMINOVA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	triflumurom+beta-ciflutrina	Thorn	SC	III	85-100 ml/ha	BAYER
<i>Spodoptera frugiperda</i>	Bacillus thuringiensis	Thuricide	WP	IV	0,4-0,6 kg/ha	BIO CONTROLE
<i>Spodoptera frugiperda</i>	tiodicarbe	Tiodicarbe 350 SC	SC	I	2000 ml/100 kg sem.	ROTAM
<i>Spodoptera frugiperda</i>	alfa-cipermetrina+teflubenzurom	Imunit	SC	III	150-170 ml/ha	BASF
<i>Spodoptera frugiperda</i>	beta-ciflutrina	Bulldock 125 SC	SC	II	40 ml/ha	BAYER
<i>Spodoptera frugiperda</i>	beta-ciflutrina	Ducat	EC	II	100 ml/ha	CHEMINOVA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	beta-ciflutrina	Full	EC	II	100 ml/ha	BAYER
<i>Spodoptera frugiperda</i>	beta-ciflutrina	Turbo	EC	II	100 ml/ha	BAYER
<i>Spodoptera frugiperda</i>	beta-cipermetrina	Akito	EC	I	75-100 ml/ha	ARYSTA LIFESCIENCE
<i>Spodoptera frugiperda</i>	carbofurano	Diafuran 50	GR	I	30 kg/ha	FMC
<i>Spodoptera frugiperda</i>	carbofurano	Furadan 350 TS	SC	I	2000-3000 ml/100 kg sem.	FMC
<i>Spodoptera frugiperda</i>	carbofurano	Furadan 50 GR	GR	III	20-30 kg/ha	FMC
<i>Spodoptera frugiperda</i>	carbofurano	Ralzer 350 TS	SC	I	2000-3000 ml/100 kg sem.	FERSOL
<i>Spodoptera frugiperda</i>	ciflutrina	Baytroid EC	EC	III	300 ml/ha	BAYER
<i>Spodoptera frugiperda</i>	cipermetrina	Arrivo 200 EC	EC	III	50-80 ml/ha	FMC
<i>Spodoptera frugiperda</i>	cipermetrina	Cipermetrina Nortox 250 EC	EC	I	40-65 ml/ha	NORTOX
<i>Spodoptera frugiperda</i>	cipermetrina	Cipertrin	EC	I	50-60 ml/ha	PRENTISS
<i>Spodoptera frugiperda</i>	cipermetrina	Commanche 200 EC	EC	III	50-80 ml/ha	FMC
<i>Spodoptera frugiperda</i>	cipermetrina	Cyprtrin 250 CE	EC	I	50-60 ml/ha	NUFARM
<i>Spodoptera frugiperda</i>	cipermetrina	Galgotrin	EC	I	50 ml/ha	CHEMOTÉCNICA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	cipermetrina	Perito	ED	I	50-80 ml/ha	DVA AGRO
<i>Spodoptera frugiperda</i>	cipermetrina	Ripcord 100	EC	II	100 ml/ha	FERSOL
<i>Spodoptera frugiperda</i>	cipermetrina+ profenofós	Polytrin 400/40 CE	EC	III	250-400 ml/ha	SYNGENTA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	clorfenapir	Pirate	SC	III	500-750 ml/ha	BASF
<i>Spodoptera frugiperda</i>	clorfluazurom	Atabron 50 EC	EC	I	150-300 ml/ha	ISHIHARA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	clorpirifós	Astro	EW	III	300-500 ml/ha	BAYER
<i>Spodoptera frugiperda</i>	clorpirifós	Catcher 480 EC	EC	I	400-600 ml/ha	CHEMINOVA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	clorpirifós	Clorpirifós Fersol 480 EC	EC	I	400-600 ml/ha	FERSOL
<i>Spodoptera frugiperda</i>	clorpirifós	Clorpirifós Sabero 480 EC	EC	I	400-600 ml/ha	SABERO
<i>Spodoptera frugiperda</i>	clorpirifós	Clorpirifós Sanachem 480 CE	EC	I	400-600 ml/ha	DOW AGROSCIENCES

<i>Spodoptera frugiperda</i>	clorpirifós	Curinga	EC	I	400-600 ml/ha	MILENIA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	clorpirifós	Klorpan 480 EC	EC	II	400-600 ml/ha	NUFARM
<i>Spodoptera frugiperda</i>	clorpirifós	Lorsban 480 BR	EC	II	400-600 ml/ha	DOW AGROSCIENCES
<i>Spodoptera frugiperda</i>	clorpirifós	Nufos 480 EC	EC	I	400-600 ml/ha	CHEMINOVA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	clorpirifós	Pitcher 480 EC	EC	I	400-600 ml/ha	CHEMINOVA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	clorpirifós	Pyrinex 480 EC	EC	II	400 ml/ha	MILENIA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	clorpirifós	Sabre	EW	III	300-500 ml/ha	DOW AGROSCIENCES
<i>Spodoptera frugiperda</i>	clorpirifós	Vexter	EC	II	400-600 ml/ha	DOW AGROSCIENCES
<i>Spodoptera frugiperda</i>	cromafenozida	Ciclone	SC	III	500 ml/ha	ARYSTA LIFESCIENCE
<i>Spodoptera frugiperda</i>	cromafenozida	Matric	SC	III	500 ml/ha	ARYSTA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	deltametrina	Decis 25 EC	EC	III	200 ml/ha	BAYER
<i>Spodoptera frugiperda</i>	deltametrina	Decis Ultra 100 EC	EC	I	40-50 ml/ha	BAYER
<i>Spodoptera frugiperda</i>	deltametrina	Deltaphos EC	EC	I	250-350 ml/ha	BAYER
<i>Spodoptera frugiperda</i>	deltametrina	Dominador	SC	IV	50-75 ml/ha	BAYER
<i>Spodoptera frugiperda</i>	deltametrina	Keshet 25 EC	EC	I	200 ml/ha	MILENIA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	diflubenzurom	Diflubenzuron 240 SC Helm	SC	III	100 ml/ha	HELM
<i>Spodoptera frugiperda</i>	diflubenzurom	Difluchem 240 SC	SC	III	100 ml/ha	HELM
<i>Spodoptera frugiperda</i>	diflubenzurom	Dimilin	WP	IV	0,1 kg/ha	CHEMTURA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	diflubenzurom	Dimilin 80 WG	WG	III	0,03 kg/ha	CHEMTURA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	diflubenzurom	Du Dim 80 WG	WG	III	0,03 kg/ha	CHEMTURA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	diflubenzurom	Du Din	WP	I	0,1 kg/ha	CHEMTURA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	diflubenzurom	Truly Max	WP	I	0,1-0,12 kg/ha	SINON
<i>Spodoptera frugiperda</i>	esfenvalerato	Sumidan 25 EC	EC	I	600-800 ml/ha	SUMITOMO CHEMICAL
<i>Spodoptera frugiperda</i>	espinosade	Alea	SC	III	37,5-100 ml/ha	DOW AGROSCIENCES
<i>Spodoptera frugiperda</i>	espinosade	Tracer	SC	IV	37,5-100 ml/ha	DOW AGROSCIENCES
<i>Spodoptera frugiperda</i>	etofenproxi	Safety	EC	III	70-100 ml/ha	IHARABRAS
<i>Spodoptera frugiperda</i>	etofenproxi	Trebon 100 SC	SC	III	100-140 ml/ha	SIPCAM ISAGRO
<i>Spodoptera frugiperda</i>	fenpropatrina	Danimen 300 EC	EC	I	100-120 ml/ha	SUMITOMO
<i>Spodoptera frugiperda</i>	fenpropatrina	Meothrin 300	EC	I	75-150 ml/ha	SUMITOMO
<i>Spodoptera frugiperda</i>	flubendiamida	Belt	SC	III	100-150 ml/ha	BAYER
<i>Spodoptera frugiperda</i>	furatiocarbe	Promet 400 CS	SL	III	1600 ml/100 kg sem.	SYNGENTA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	gama-cialotrina	Fentrol	CS	III	60 ml/ha	CHEMINOVA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	gama-cialotrina	Nexide	CS	III	25 ml/ha	CHEMINOVA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	gama-cialotrina	Stallion 150 CS	CS	III	25 ml/ha	CHEMINOVA

<i>Spodoptera frugiperda</i>	indoxacarbe	Avaunt 150	SC	II	250-400 ml/ha	DU PONT
<i>Spodoptera frugiperda</i>	lambda-cialotrina	Engeo Pleno	SC	III	200-250 ml/ha	SYNGENTA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	lambda-cialotrina	Karate 50 EC	EC	II	150 ml/ha	SYNGENTA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	lambda-cialotrina	Karate Zeon 250 CS	CS	III	30 ml/ha	SYNGENTA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	lambda-cialotrina	Karate Zeon 50 CS	CS	III	150 ml/ha	SYNGENTA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	lambda-cialotrina	Toreg 50 EC	EC	I	150 ml/ha	UNITED PHOSPHORUS
<i>Spodoptera frugiperda</i>	lufenurom	Match EC	EC	IV	300 ml/ha	SYNGENTA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	malationa	Malathion 500 CE SULTOX	EC	III	2500 ml/ha	ACTION
<i>Spodoptera frugiperda</i>	metomil	Extreme	-	I	600 ml/ha	DU PONT
<i>Spodoptera frugiperda</i>	metomil	Lannate Express	SL	II	600 ml/ha	DU PONT
<i>Spodoptera frugiperda</i>	metomil	Majesty	SL	I	600 ml/ha	DU PONT
<i>Spodoptera frugiperda</i>	metomil	Methomex 215 SL	SL	II	600 ml/ha	MILENIA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	metoxifenoizida	Intrepid 240 SC	SC	IV	150-180 ml/ha	DOW AGROSCIENCES
<i>Spodoptera frugiperda</i>	metoxifenoizida	Valient	SC	IV	150-180 ml/ha	BAYER
<i>Spodoptera frugiperda</i>	novalurom	Galaxy 100 EC	EC	IV	150 ml/ha	MILENIA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	novalurom	Rimon 100 EC	EC	IV	150 ml/ha	MILENIA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	parationa-metilica	Folisuper 600 BR .	EC	I	500-650 ml/ha	NUFARM
<i>Spodoptera frugiperda</i>	parationa-metilica	Mentox 600 EC	EC	II	650 ml/ha	PRENTISS
<i>Spodoptera frugiperda</i>	parationa-metilica	Nitrosil 600 CE	EC	I	650 ml/ha	DE SANGOSSE
<i>Spodoptera frugiperda</i>	parationa-metilica	Paracap 450 CS	CS	III	700 ml/ha	CHEMINOVA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	permetrina	Permetrina Fersol 384 EC	EC	I	100-130 ml/ha	FERSOL
<i>Spodoptera frugiperda</i>	permetrina	Piredan	EC	II	65 ml/ha	DU PONT
<i>Spodoptera frugiperda</i>	permetrina	Pounce 384 EC	EC	III	65 ml/ha	FMC
<i>Spodoptera frugiperda</i>	permetrina	Supermetrina Agria 500	EC	I	50 ml/ha	DVA AGRO
<i>Spodoptera frugiperda</i>	permetrina	Talcord 250	EC	I	100 ml/ha	BASF
<i>Spodoptera frugiperda</i>	permetrina	Valon 384 CE	EC	II	65 ml/ha	DOW AGROSCIENCES
<i>Spodoptera frugiperda</i>	piridafentiona	Ofunack 400 EC	EC	III	500 ml/ha	SIPCAM ISAGRO
<i>Spodoptera frugiperda</i>	profenofós	Curacron 500	EC	III	500 ml/ha	SYNGENTA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	profenofós	Polytrin	EC	III	250-400 ml/ha	SYNGENTA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	tebufenoizida	Mimic 240 SC	SC	IV	300 ml/ha	DOW AGROSCIENCES
<i>Spodoptera frugiperda</i>	teflubenzurom	Dart	SC	IV	50-100 ml/ha	BASF
<i>Spodoptera frugiperda</i>	teflubenzurom	Dart 150	SC	IV	50-100 ml/ha	BASF
<i>Spodoptera frugiperda</i>	teflubenzurom	Nomolt 150	SC	IV	50-100 ml/ha	BASF
<i>Spodoptera frugiperda</i>	tiodicarbe	Larvin 800 WG	WG	III	100-150 g/ha	BAYER
<i>Spodoptera frugiperda</i>	tiodicarbe	Larvin WG	WG	III	0,1-0,15 kg/ha	BAYER
<i>Spodoptera frugiperda</i>	tiodicarbe	Saddler 350 SC	SC	I	2000 ml/100 kg sem.	ROTAM



<i>Spodoptera frugiperda</i>	tiodicarbe	Semevin 350	SC	III	2000 ml/100 kg sem.	BAYER
<i>Spodoptera frugiperda</i>	triazofós	Hostathion 400	EC	II	300-500 ml/ha	BAYER
<i>Spodoptera frugiperda</i>	triclorfom	Dipterex 500	SL	II	800-2000 ml/ha	UNITED
<i>Spodoptera frugiperda</i>	triflumurom	Alsystin SC	SC	IV	50 ml/ha	BAYER
<i>Spodoptera frugiperda</i>	triflumurom	Certero	SC	IV	50 ml/ha	BAYER
<i>Spodoptera frugiperda</i>	triflumurom	Rigel WP	WP	II	100 g/ha	CHEMINOVA
<i>Spodoptera frugiperda</i>	zeta-cipermetrina	Fury 180 EW	EW	II	40 ml/ha	FMC
<i>Spodoptera frugiperda</i>	zeta-cipermetrina	Fury 200 EW	EW	III	80-100 ml/ha	FMC
<i>Spodoptera frugiperda</i>	zeta-cipermetrina	Fury 400 EC	EC	II	50-80 ml/ha	FMC
<i>Spodoptera frugiperda</i>	zeta-cipermetrina	Mustang 350 EC	EC	II	80-200 ml/ha	FMC
<i>Syntermes molestus</i>	benfuracarbe	Laser 400 SC	SC	II	1750-2500 ml/100 kg sem.	IHARABRAS
<i>Syntermes molestus</i>	carbosulfano	Fenix	FS	II	2000-2800 ml/100 kg sem.	FMC
<i>Syntermes molestus</i>	carbofurano	Furazin 310 FS	SC	I	2250 ml/100 kg sem.	FMC
<i>Syntermes molestus</i>	carbosulfano	Marzinc 250 DS	DS	II	2000 g/100 kg sem.	FMC
<i>Syntermes molestus</i>	tiodicarbe	Tiodicarbe 350 SC	SC	I	2000 ml/100 kg sem.	ROTAM
<i>Syntermes molestus</i>	benfuracarbe	Oncol Sipcam	SC	II	1750-2500 ml/100 kg sem.	SIPCAM ISAGRO
<i>Syntermes molestus</i>	carbofurano	Furadan 350 TS	SC	I	2000-3000 ml/100 kg sem.	FMC
<i>Syntermes molestus</i>	imidacloprido	Gaucho	WS	IV	1000 g/100 kg sem.	BAYER
<i>Syntermes molestus</i>	imidacloprido	Gaucho 600 A	SC	III	400 ml/100 kg sem.	BAYER
<i>Syntermes molestus</i>	imidacloprido	Gaucho FS	FS	III	400 ml/100 L água	BAYER
<i>Syntermes molestus</i>	terbufós	Counter 150 G	GR	I	13 kg/ha	AMVAC
<i>Syntermes molestus</i>	tiodicarbe	Saddler 350 SC	SC	I	2000 ml/100 kg sem.	ROTAM
<i>Syntermes molestus</i>	tiodicarbe	Semevin 350	SC	III	2000 ml/100 kg sem.	BAYER

Fonte: Agrofit/MAPA

## Pragas iniciais

Vários insetos atacam as sementes, raízes e plântulas (Plantas jovens) do milho após a semeadura. O tipo de ataque reduz o número de plantas na área cultivada e o potencial produtivo da lavoura. Esses insetos são de hábito subterrâneo ou superficiais e a maioria das vezes passam despercebidos pelo agricultor, dificultando o emprego de medidas para o seu controle. A importância desses insetos variam de acordo com o local, ano e sistema de cultivo. As principais espécies, sua importância para a cultura, sintomas de danos e métodos de controle disponíveis são descritos a seguir:

## Pragas que atacam sementes e raízes

## Larva alfinete (*Diabrotica spp.*)

**Importância econômica** - No Brasil, a espécie predominante é a *D. speciosa*, cujos adultos (Figura 1) alimentam-se das folhas de hortaliças, feijoeiro, soja, girassol, bananeira, algodoeiro e milho. As larvas, atacam as raízes do milho e tubérculos de batata. O prejuízo causado por essa larva tem sido expressivo nos estados do Sul e em algumas áreas das regiões Sudeste e Centro-Oeste.

Foto: Ivan Cruz / Paulo Afonso Viana



**Figura 1.** Pragas que atacam sementes e raízes.

**Sintomas de danos** - a larva alimenta das raízes do milho (Figura 2) e interfere na absorção de nutrientes e água, e também reduz a sustentação das plantas. O ataque, ocasiona o acamamento das plantas em situações de ventos fortes e de alta precipitação pluviométrica. Mais de 3,5 larvas por planta são suficientes para causar danos ao sistema radicular.

Foto: Ivan Cruz / Paulo Afonso Viana



**Figura 2.** Pragas que atacam sementes e raízes.

**Métodos de controle** - No Brasil, o controle dessa larva é pouco realizado na cultura do milho e tem-se baseado quase que exclusivamente no emprego de inseticidas químicos (Tabela 2) aplicados via tratamento de sementes, granulados e pulverização no sulco de plantio. Excesso e baixa umidade do solo são desfavoráveis a larva. O método de preparo de solo influencia a população desse inseto. A ocorrência da larva é maior em sistema de plantio direto do que em plantio convencional. Os agentes de controle biológico mais eficientes são através dos inimigos naturais, *Celatoria bosqi*, *Centistes gasseni*, e dos fungos *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*.

**Tabela 2.** Inseticidas registrados para o controle de insetos-praga na cultura do milho. 2002.

Praga	Ingrediente ativo	Nome comercial	Form.	C.TOX.	Dose (p.c./ha)	Fabricante
Agrotis ipsilon	carbaryl	Carbaryl Fersol 480 SC	SC	II	2,0 - 3,0 l	Fersol
		Carbaryl Fersol Pó 75	DP	III	15,0 - 20,0 kg	Fersol
	carbofuran	Furadan 350 TS	SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg sem.	FMC
		Ralzer 350 SC	SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg sem.	Fersol
	terbufos	Counter 150 G	GR	I	13,0 kg	Basf
		Counter 50 G	GR	I	40,0 kg	Basf
	chlorpyrifos	Lorsban 480 BR	EC	II	1,0 l	Dow AgroSciences
		Vexter	EC	II	1,0 l	Dow AgroSciences
	cypermethrin	Galgotrin	EC	II	0,06 l	Chemotécnica Sintyal
	lambdacyhalothrin	Karate Zeon 250 CS	CS	III	0,01 l	Syngenta
permethrin	Pounce 384 CE	EC	II	0,01 - 0,013 l	FMC	
Astylus variegatus	carbofuran	Furadan 350 TS	SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg	sem.
Cornitermes snyderi	carbofuran	Furadan 350 TS	SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg sem.	FMC

		Furazin 310 TS	SC	I	2,25 l/100 kg sem.	FMC
	carbosulfan	Marshal TS	SC	II	2,0 - 2,8 l/100 kg sem.	FMC
		Marzinc 250 TS	DS	II	2,0 kg/100 kg sem.	FMC
Daubulus maidis	imidacloprid	Gaucho FS	SC	IV	0,8 l	Bayer
	thiomethoxan	Cruiser	DP	III	0,15 - 0,2 kg/100 kg sem.	Syngenta
Deois flavopicta	carbofuran	Diafuran 50	GR	I	20,0 kg	Hokko
	carbosulfan	Marshal TS	FS	II	2,4 - 2,8 l/100 kg sem.	FMC
	imidacloprid	Gaucho FS	FS	IV	0,6 l/100 kg sem.	Bayer
	thiamethoxan	Cruiser 700 WS	WS	III	0,15 - 0,20 kg/100 kg sem.	Syngenta
	thiodicarb	Semevin 350	SC	III	2,0 l/100 kg sem.	Aventis
Diabrotica speciosa	chlorpyrifos	Astro	EW	III	2,6 l	Bayer
		Lorsban 10 G	GR	IV	11,0 kg	Dow AgroSciences
		Sabre	EW	III	2,6 l	Dow AgroSciences
	fipronil	Regente 800 WG	WG	II	0,1 kg	Aventis
	imidacloprid	Gaucho	WP	IV	0,7 kg/100 kg sem.	Bayer
	phorate	Granutox 150 G	GR	II	17 kg	Basf
	terbufos	Counter 50 G	GR	I	40 kg	Basf
		Counter 150 G	GR	I	13 kg	Basf
Dichelops furcatus	imidacloprid	Gaucho FS	SC	IV	0,35 l/100 kg sem.	Bayer
	thiamethoxan	Cruiser 700 WS	DP	III	0,3 kg/100 kg sem.	Syngenta
Diloboderus abderus	thiodicarb	Futur 300	SC	III	2,0 l/100 kg sem.	Aventis
		Semevin 350	SC	III	2,0 l/100 kg sem.	Aventis
Elasmopalpus lignosellus	carbaryl	Carbaryl Fersol 480 SC	SC	II	2,0 - 2,3 l	Fersol
		Carbaryl Fersol Pó 75	DP	III	15,0 - 20,0 kg	Fersol
		Sevin 480 SC	SC	II	1,9 - 2,25 l	Aventis
	carbofuran	Carbofuran Sanachem 350 TS	SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg sem.	Dow AgroSciences
		Carboran Fersol 350 SC	SC	I	2,0 l/100 kg sem.	Fersol
		Diafuran 50	GR	I	30 kg	Hokko
		Furandan 350 SC	SC	I	3,0 - 4,0 l	FMC
		Furadan 350 TS	SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg sem.	FMC
		Furadan 50 G	GR	III	30,0 kg	FMC
		Furazin 310 TS	SC	I	2,25 l/100 kg sem.	FMC
		Ralzer 350 SC	SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg sem.	Fersol
		Ralzer 50 GR	GR	I	30,0 kg	Fersol
	carbosulfan	Marshal TS	SC	II	2,4 - 2,8 l/100 kg sem.	FMC
		Marzinc 250 TS	DP	II	2,0 kg/100 kg sem.	FMC
	chlorpyrifos	Lorsban 480 BR	EC	II	1,0 l	Dow AgroSciences
		Vexter	EC	II	1,0 l	Dow AgroSciences
	furathiocarb	Promet 400 CS	SL	III	1,6 l/100 kg sem.	Syngenta
	thiodicarb	Futur 300	SC	III	2,0 l/100 kg sem.	Aventis
		Semevin 350	SC	III	2,0 l/100 kg sem.	Aventis
Frankliniella williamsi	imidacloprid	Gaucho FS	SC	IV	0,8 l/100 kg sem.	Bayer

Helicoverpa zea	carbaryl	Carbaryl Fersol 480 SC	SC	II	2,0 - 2,3 l	Fersol	
		Carbaryl Fersol Pó 75	DP	III	15,0 - 20,0 kg	Fersol	
		Sevin 480 SC	SC	II	1,90 - 2,25 l	Aventis	
	parathion-methyl trichlorphon	Bravik 600 CE	EC	I	0,45 - 0,67 l	Action	
		Dipterex 500	SL	II	0,8 - 2,0 l	Bayer	
		Trichorfon 500 Milena	SL	II	1,0 - 2,0 l	Milena	
Mocis latipes	carbaryl	Carbaryl Fersol 480 SC	SC	II	2,0 - 2,3 l	Fersol	
		Carbaryl Fersol Pó 75	PD	III	15,0 - 20,0 kg	Fersol	
		Sevin 480 SC	SC	II	1,9 - 2,25 l	Aventis	
	chlorpyrifos	Lorsban 480 BR	EC	II	0,6 l	Dow AgroSciences	
		Vexter	EC	II	0,6 l	Dow AgroSciences	
	malathion	Malathion 500 CE Sultox	EC	III	2,5 l	Action	
	parathion-methyl	Bravik 600 CE	EC	I	0,45 - 0,675 l	Action	
		Folisuper 600 BR	EC	I	0,25 - 0,65 l	Agripec	
	trichlorphon	Dipterex 500	SL	II	0,8 - 2,0 l	Bayer	
		Triclorfon 500 Milena	SL	II	1,0 - 2,0 l	Milena	
	Procornitermes triacifer	benfuracarb	Laser 400 SC	SC	II	1,75 - 2,5 l/100 kg sem.	Iharabras
			Oncol Sipcam	SC	II	1,75 - 2,5 l/100 kg sem.	Sipcam
carbofuran		Furadan 350 TS	SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg sem.	FMC	
		Furazin 310 TS	SC	I	2,25 l/100 kg sem.	FMC	
carbosulfan		Marshal TS	SC	II	2,0 - 2,8 l/100 kg sem.	FMC	
		Marzinc 250 TS	DS	II	2,0 kg/100 kg sem.	FMC	
imidacloprid		Gaucho FS	FS	IV	0,25 l/100 kg sem.	Bayer	
terbufos		Counter 50 G	GR	I	40 kg	Basf	
		Counter 150 G	GR	I	13 kg	Basf	
Rhopalosiphum maidis		imidacloprid	Gaucho FS	SC	IV	0,8 l/100 kg sem.	Bayer
Scaptocoris castanea	terbufos	Counter 50 G	GR	I	40 kg	Basf	
		Counter 150 G	GR	I	13 kg	Basf	
Spodoptera frugiperda	alpha-cypermethrin	Fastac 100 SC	SC	III	0,05 l	Basf	
		beta-cyfluthrin	Bulldock 125 SC	SC	II	0,04 l	Bayer
	Full		EC	II	0,1 l	Bayer	
	Novapir		EC	II	0,1 l	Cheminova	
	Turbo		EC	II	0,1 l	Bayer	
	carbaryl		Carbaryl Fersol 480 SC	SC	II	2,0 - 2,3 l	Fersol
		Carbaryl Fersol Pó 75	DP	III	15,0 - 20,0 kg	Fersol Ltda.	
		Sevin 480 SC	SC	II	1,9 - 2,25 l	Aventis	
		carbofuran	Carbofuran Sanachem 350 TS	SC	I	2,0 - 3,0 l	Dow AgroSciences
			Carboran Fersol 350 SC	SC	I	2,0 kg/100 kg sem.	Fersol
			Diafuran 50	GR	I	20,0 - 30,0 kg	Hokko
			Furadan 350 TS	SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg sem.	FMC
			Furadan 50 G	GR	III	20,0 - 30,0 kg	FMC
	Ralzer 350 SC		SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg sem.	Fersol	

	Ralzer 50 GR	GR	I	20,0 - 30,0 kg	Fersol
chlorfenapyr	Pirate	SC	III	0,5 - 0,75 l	Basf
chlorfluazuron	Atabron 50 CE	EC	I	0,15 - 0,3 l	Ishihara
chlorpyrifos	Astro	EW	III	0,3 - 0,5 l	Bayer
	Clorpirifós Fersol 480 CE	EC	II	0,4 - 0,6 l	Fersol
	Clorpirifos Sanachem 480 CE	EC	I	0,4 - 0,6 l	Dow AgroSciences
	Klorpan 480 CE	EC	II	0,4 - 0,6 l	Agripec
	Lorsban 480 BR	EC	II	0,4 - 0,6 l	Dow AgroSciences
	Nufos 480 CE	EC	III	0,4 - 0,6 l	Cheminova
	Pyrinex 480 CE	EC	II	0,4 l	Agricur
	Sabre	EW	III	0,3 - 0,5 l	Dow AgroSciences
	Vexter	EC	II	0,4 - 0,6 l	Dow AgroSciences
cyfluthrin	Baytroid CE	EC	III	0,3 l	Bayer
cypermethrin	Arrivo 200 CE	EC	III	0,05 - 0,08 l	FMC
	Cipermetrina Nortox 250 CE	EC	I	0,04 - 0,065 l	Nortox
	Cipertrin	EC	II	0,05 - 0,06 l	Prentiss
	Commanche 200 CE	EC	III	0,05 - 0,06 l	FMC.
	Cyprtrin 250 CE	EC	I	0,05 - 0,06 l	Agripec
	Galgotrin	EC	II	0,05 l	Chemotécnica Sintyal
	Ripcord 100	EC	II	0,1 l	Basf
deltamethrin	Decis 25 CE	EC	III	0,2 l	Aventis
	Decis 4 UBV	UL	III	1,3 - 2,0 l	Aventis
	Decis 50 SC	SC	IV	0,05 - 0,075 l	Aventis
	Decis Ultra 100 CE	EC	I	0,04 - 0,05 l	Aventis
	Keshet 25 CE	EC	I	0,2 l	Agricur
deltamethrin + triazophos	Deltaphos	EC	I	0,25 - 0,35 l	Aventis
diflubenzuron	Dimilin	WP	IV	0,1 kg	Uniroyal
enxofre	Kumulus DF	WG	IV	1,0 kg	Basf
esfenvalerate	Sumidan 25 CE	EC	I	0,6 - 0,8 l	Sumitomo
etofenprox	Trebon 300 CE	EC	III	0,07 - 0,1 l	Sipcam
fenitrothion	Sumibase 500 CE	EC	II	1,0 - 2,0 l	Sumitomo
	Sumithion 500 CE	EC	II	1,0 - 1,5 l	Sumitomo
fenpropathrin	Danimen 300 CE	EC	I	0,1 - 0,12 l	Sumitomo
furathiocarb	Promet 400 CS	SL	III	1,6 l/100 kg sem.	Syngenta
lambda-cyhalothrin	Karate 50 CE	EC	II	0,15 l	Syngenta
	Karate Zeon 250 CS	CS	III	0,03 l	Syngenta
	Karate Zeon 50 CS	CS	III	0,15 l	Syngenta
lufenuron	Match CE	EC	IV	0,3 l	Syngenta
malathion	Malathion 500 CE Sultox	EC	III	2,5 l	Action
methomyl	Lannate BR	SL	I	0,6 l	Du Pont
	Lannate Express	SL	II	0,6 l	Du Pont
	Methomex 215 LS	SL	II	0,6 l	Agricur

	methoxyfenozide	Intrepid 240 SC	SC	IV	0,15 - 0,18 l	Dow AgroSciences
		Valient	SC	IV	0,15 - 0,18 l	Bayer
	monocrotophos	Agrophos 400	SL	I	0,6 - 0,9 l	Agripec
	novaluron	Gallaxy 100 CE	EC	IV	0,15 l	Agricur
		Rimon 100 CE	EC	IV	0,15 l	Agricur
	parathion-methyl	Bravik 600 CE	EC	I	0,45 - 0,675 l	Action
		Folidol 600	EC	II	0,45 - 0,675 l	Bayer
		Folidol ME	CS	III	0,7 l	Bayer
		Folisuper 600 BR	EC	I	0,25 - 0,65 l	Agripec
		Mentox 600 CE	EC	II	0,65 l	Prentiss
		Paracap 450 MCS	CS	III	0,7 l	Cheminova
		Parathion Metílico Pikapau	DP	I	0,65 l	Químicas São Vicente
	permethrin	Ambush 500 CE	EC	II	0,05 l	Syngenta
		Corsair 500 CE	EC	II	0,1 l	Aventis
		Permetrina Fersol 384 CE	EC	I	0,1 - 0,13 l	Fersol
		Piredan	EC	II	0,065 l	Du Pont
		Pounce 384 CE	EC	II	0,065 l	FMC
		Talcord 250 CE	EC	II	0,1 l	Basf
		Valon 384 CE	EC	II	0,065 l	Dow AgroSciences
	profenofos	Curacron 500	EC	III	0,5 l	Syngenta
	pyridaphenthion	Ofunack 400 CE	EC	III	0,5 l	Sipcam
	spinosad	Credence	SC	III	0,037 - 0,1 l	Dow AgroSciences
		Tracer	SC	III	0,037 - 0,1 l	Dow AgroSciences
	tebufenozide	Mimic 240 SC	SC	IV	0,3 l	Dow AgroSciences
	thiodicarb	Futur 300	SC	III	2,0 l /100 kg sem.	Aventis
	thiodicarb	Futur 300	SC	III	2,0 l /100 kg sem.	Aventis
		Larvin 800 WG	WG	II	0,1 - 0,15 l	Aventis
		Semevin 350	SC	III	2,0 l/100 kg sem.	Aventis
	triazophos	Hostathion 400 BR	EC	I	0,3 - 0,5 l	Aventis
	trichlorphon	Dipterex 500	SL	II	0,8 - 2,0 l	Bayer
		Triclorfon 500 Milena	SL	II	1,0 - 2,0 l	Milena
	triflumuron	Alsystin 250 PM	WP	IV	0,1 kg	Bayer
		Alsystin 480 SC	SC	IV	0,05 l	Bayer
		Brigadier	WP	II	0,1 kg	Bayer
		Certero	SC	IV	0,05 l	Bayer
		Rigel	SC	IV	0,05 l	Cheminova
	zeta-cypermethrin	Fury 180 EW	EW	II	0,04 l	FMC
		Fury 200 EW	EW	III	0,08 - 0,1 l	FMC
		Fury 400 CE	EC	II	0,05 - 0,08 l	FMC
Syntermes molestus	benfuracarb	Laser 400 SC	SC	II	1,75 - 2,5 l/100 kg sem.	Iharabras
		Oncol Sipcam	SC	II	1,75 - 2,5 l/100 kg sem.	Sipcam
	carbofuran	Furadan 350 TS	SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg sem.	FMC

	Furazin 310 TS	SC	I	2,25 l/100 kg sem.	FMC
carbosulfan	Marshal TS	SC	II	2,0 - 2,8 l/100 kg sem.	FMC
	Marzinc 250 TS	DS	II	2,0 kg/100 kg sem.	FMC
imidacloprid	Gaucho	WS	IV	1 kg/100 kg sem.	Bayer
	Gaucho FS	FS	IV	0,4 l/100 l água	Bayer
terbufos	Counter 50 G	GR	I	40 kg	Basf
	Counter 150 G	GR	I	13 kg	Basf
thiodicarb	Futur 300	SC	III	2,0 l/100 kg sem.	Aventis
	Semevin 350	SC	III	2,0 l/100 kg sem.	Aventis

Fonte: MAPA Agrofit.

### Larva-aramé (*Conoderus spp.*, *Melanotus spp.*)

**Importância econômica** - esse grupo de inseto causa danos esporádicos em várias culturas. Para o milho, os danos são mais severos em lavouras semeadas em áreas de pastagens, situação em que o solo não é preparado anualmente, proporcionando uma condição favorável para o desenvolvimento da larva.

**Sintomas de danos** - as larvas danificam as sementes após a semeadura e o sistema radicular da planta de milho e de outras gramíneas. Geralmente, constrói galerias e destrói a base do colmo das plantas (Figura 3).

Foto: Ivan Cruz.





**Figura 3.** Larva-aramé (Conoderus spp., Melanotus spp).

**Métodos de controle** - ainda não existem informações sobre o nível de controle para esse grupo de inseto. A biologia dessas espécies não é bem conhecida e os hábitos são variados. Embora o controle químico tenha sido realizado em áreas experimentais, não há inseticidas registrados para o controle desse inseto. Em áreas que apresentam histórico de ataque da larva-aramé, medidas de controle deverão ser utilizadas preventivamente na semeadura. Inseticidas utilizados no controle da larva-alfinete, também apresentam boa performance para a larva-aramé. A umidade do solo é um fator importante no manejo dessa praga. Em sistemas irrigados, a suspensão da irrigação e a consequente drenagem da camada agricultável do solo, força a larva aprofundar-se, reduzindo o dano no sistema radicular.

### **Bicho-bolo, coró ou pão de galinha (*Diloboderus abderus*, *Eutheola humilis*, *Dyscinetus dubius*, *Stenocrates sp*, *Liogenys*, *sp.*)**

**Importância econômica** - para o milho, a importância econômica dessa praga é maior para lavouras de safrinha, instaladas em semeadura direta sobre a resteva da soja. Geralmente, a população do inseto é alta em áreas cultivadas anteriormente com gramíneas como é o caso de pastagem.

**Sintomas de danos** - As larvas danificam as sementes após o plantio prejudicando sua germinação (Figura 4). Também alimentam-se das raízes provocando o definhamento e morte das plantas. O nível de dano para esse inseto ocorre a partir de 5 larvas/m<sup>2</sup>.

Foto: Ivan Cruz.



**Figura 4.** Bicho-bolo, coró ou pão de galinha (*Diloboderus abderus*, *Eutheola > humilis*, > > *Dyscinetus dubius*, *Stenocrates* sp, *Liogenys*, sp.).

**Métodos de controle** - agentes de controle biológico natural de larvas do bicho-bolo são nematoides, bactérias, fungos, principalmente *Metarhizium* e *Beauveria* sp e parasitoides da ordem Diptera. O preparo de solo com implementos de disco é uma alternativa de controle cultural da larva. Com essa prática, ocorre o efeito mecânico do implemento sobre as larvas que possuem corpo mole e são expostas a radiação solar e aos inimigos naturais, especialmente pássaros. O controle químico pode ser utilizado via tratamento de sementes (Tabela 2). Experimentalmente, a pulverização de inseticidas no sulco de semeadura tem se mostrado viável para o controle dessa larva.

### **Percevejo castanho (*Scaptocoris castanea* e *Atarsocoris brachiariae*)**

**Importância econômica** - essa praga ataca várias culturas, podendo causar danos na soja, algodão, pastagens, feijão e no milho. Em áreas localizadas, o percevejo ataca o milho, acarretando sérios prejuízos. A ocorrência deste inseto é esporádica o que dificulta o estabelecimento de um programa de manejo para impedir os danos desta praga.

**Sintomas de danos** - as ninfas e os adultos (Figura 5) alimentam nas raízes e sugam a seiva. O ataque severo causa o definhamento e morte da planta. Os sintomas de ataques variam com a intensidade e época do ataque e muitas vezes são confundidos com deficiência nutricional ou doença da planta.



**Figura 5.** Percevejo castanho (*Scaptocoris castanea* e *Atarsocoris brachiariae*).

**Métodos de controle** - O método cultural pode ser empregado para o manejo desse inseto. A aração e a gradagem expõem os insetos aos predadores e causam o esmagamento das ninfas e adultos. A aração com arado de aiveca é o que apresenta maior eficiência no controle do percevejo castanho. O fungo *Metarhizium anisopliae* é um agente de controle biológico da praga. Devido ao hábito subterrâneo do percevejo, o controle químico (Tabela 2) é difícil de ser realizado e a recomendação de uso de inseticidas tem sido preventivo.

### **Larva Angorá (*Astylus variegatus*)**

**Importância econômica** - essa praga ataca várias espécies de plantas cultivadas e é considerada uma praga secundária da cultura do milho. Somente alta população do inseto causa prejuízos para cultura de baixa densidade de sementes como a do milho.

**Sintomas de danos** - as larvas (Figura 6) alimentam-se preferencialmente das sementes do milho após a semeadura e de raízes, reduzindo a germinação e o número de plantas na lavoura.

Foto: Ivan Cruz.



**Figura 6.** Larva Angorá (*Astylus variegatus*).

**Métodos de controle** - método cultural como a aração e gradagem, ocasiona a morte de larvas. O controle químico (Tabela 2) deve ser realizado em áreas com histórico de ocorrência da praga. O tratamento de sementes com inseticidas evita o dano da praga.

### **Cupim (*Procorniterms sp., Cornitermes sp., Syntermes sp. e Heterotermes sp.*)**

**Importância econômica** - os cupins são insetos sociais, organizados em castas e que se alimentam de celulose. São insetos que atacam inúmeras culturas. Entre a grande variação existente para esse grupo de inseto, os cupins de hábitos subterrâneos dos gêneros Proconitermes e Syntermes (Figura 7), são os mais importantes para a cultura do milho.

Foto: Ivan Cruz.



**Figura 7.** Cupim (*Procornitermes* sp., *Cornitermes* sp., *Syntermes* sp. e *Heterotermes* sp.).

**Sintomas de danos** - esses insetos atacam as sementes após a semeadura do milho, destruindo-as antes da germinação, acarretando falhas na lavoura. As raízes também são atacadas, causando descorticação das camadas externas, e as plantas amarelecem, murcham e morrem.

**Métodos de controle** - os cupins subterrâneos são difíceis de controlar. Pode-se reduzir a infestação e os danos na lavoura com o emprego de inseticidas (Tabela 2) aplicados no sulco de plantio ou através de tratamento de sementes.

## Pragas que atacam as plântulas (Plantas jovens)

### Lagarta-elasma (*Elasmopalpus lignosellus*)

**Importância econômica** - é uma praga esporádica com grande capacidade de destruição num intervalo curto de tempo. Seus danos estão associados a à estiagem logo após a emergência das plantas, condições que aumenta a susceptibilidade da planta pelo atraso no desenvolvimento da planta e favorece a explosão populacional de lagartas na lavoura. Maiores danos são observados em solos leves e bem drenados, sendo sua incidência menor sob plantio direto.

**Sintomas de danos** - as lagartas recém eclodidas iniciam raspando as folhas e dirigem para a região do coleto da planta (Figura 8), onde cava uma galeria vertical. A destruição do ponto de crescimento provoca inicialmente murcha e posteriormente morte das folhas centrais proporcionando provocando o sintoma conhecido como "coração morto" (Figura 9).

Foto: Ivan Cruz.



**Figura 8.** Pragas que atacam as plântulas (Plantas jovens).

Foto: Ivan Cruz.



**Figura 9.** Lagarta-elasma (*Elasmopalpus lignosellus*).

**Métodos de controle** - em áreas de risco, deve ser usado o tratamento de sementes com inseticidas sistêmicos à base de tiodicarb, carbofuran ou imidacloprid (Tabela 2). Sob condições de estresse hídrico mesmo esse tratamento não é efetivo, recomendando-se a aplicação de um inseticida de ação de contato e profundidade como os a base de clorpirifós. A alta umidade do solo contribui para reduzir os problemas causados pela lagarta-elasma no milho.

### **Tripes (*Frankliniella williamsi*)**

**Importância econômica** - reclamações por produtores são frequentes nos estados do Paraná e Mato Grosso do Sul. Os danos causados pelos tripes têm sido verificados nos períodos de estiagem logo após a emergência das plântulas, podendo, sob altas infestações, causar até morte das plantas com perdas econômicas significativas.

**Sintomas de danos** - devido à raspadura do limbo foliar, as folhas apresentam-se amarelcidas, esbranquiçadas ou prateadas. A infestação pode ser confirmada pela verificação de pequenos insetos amarelados (Figura 10) no interior do cartucho e sob altas infestações ocorre murcha das folhas.

Foto: Ivan Cruz.



**Figura 10.** Tripes (*Frankliniella williamsi*).

**Métodos de controle** - inicialmente, o tratamento de sementes com inseticidas sistêmicos dá boa proteção às plantas (Tabela 2), entretanto, sob condições de altas reinfestação pode ser necessário pulverizações.

### **Percevejos - barriga-verde (*Dichelops furcatus*, *D. melacanthus*), verde (*Nezara viridula*)**

**Importância econômica** - os percevejos são pragas tipicamente da soja, mas com o plantio do milho em sucessão ou mesmo em rotação passaram a causar danos também ao milho logo após a emergência das plantas. Os danos ocorrem na fase inicial de desenvolvimento da cultura, podendo causar perdas parciais ou totais das lavouras.

**Sintomas de danos** - os adultos e ninfas ao se alimentarem na base das plântulas (Figura 11) de milho, introduzem seus estiletes através da bainha até as folhas internas causando lesões que posteriormente, após a abertura das folhas, mostram vários furos de distribuição simétrica no limbo foliar, apresentando halos amarelados ao redor dos furos. Outros sintomas são a deformação das plantas podendo levá-las a morte e/ou intenso perfilhamento que são totalmente improdutivos.

Foto: Ivan Cruz.





**Figura 11.** Percevejos - barriga-verde (*Dichelops furcatus*, *D. melacanthus*), verde (*Nezara viridula*).

**Métodos de controle** - pode ser feito com o tratamento de sementes com inseticidas sistêmicos (Tabela 2) ou através de pulverizações logo após a emergência das plantas quando constatado a presença dos insetos.

### **Cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*)**

**Importância econômica** - os danos diretos causados pela sucção de seiva dos adultos e ninfas pode reduzir principalmente o desenvolvimento do sistema radicular, mas os principais prejuízos causados por essa espécie é devido a transmissão de fitopatógenos como o vírus do rayado fino e dois microrganismos *Spiroplasma kunkelli* (enfezamento pálido) e fitoplasma (enfezamento vermelho). Os prejuízos causados por essas doenças pode chegar a mais de 80% dependendo do patógeno, dos fatores ambientais e da sensibilidade dos híbridos cultivados. A incidência da doença está associada à alta densidade populacional de insetos infectivos o que ocorre no final do verão (plantios tardios).

**Sintomas de danos** - a presença do inseto (Figura 12) pode ser constatada diretamente pelo exame do cartucho das plantas ou através de amostragem com rede entomológica passada no topo das plantas. A incidência das doenças só é confirmada depois do aparecimento dos sintomas:

- *Rayado fino* - folhas com riscas amareladas (paralelas às nervuras) com aparência pontilhada.

- *Enfezamento pálido* - no início, plantas podem apresentar folhas com deformações e posteriormente inicia-se pela descoloração (clorose) das bordas da base das folhas que pode progredir para toda a planta, nanismo acentuado com os últimos internódios pouco desenvolvido dando à planta a aparência de uma palmeira o que é facilmente confundido com plantas "dominadas".
- *Enfezamento vermelho* - dependendo do estágio de infecção das plantas pode não se observar o nanismo, mas geralmente ele está presente, com últimos internódios pouco desenvolvidos e folhas com avermelhamento generalizado. Na fase reprodutiva, nota-se manchas descoloridas nos grãos incompletamente cheios o que dá à espiga certa flexibilidade ao ser torcida nas mãos.

Foto: Embrapa Milho e Sorgo.



**Figura 12.** Cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*).

**Métodos de controle** - os mais eficientes são os culturais evitando-se a multiplicação do vetor em plantios sucessivos, erradicação de plantas voluntárias na área antes do plantio e uso de cultivares menos susceptíveis aos patógenos. Evitar o plantio de milho pipoca e milho doce em áreas com

histórico recente de alta incidência dos enfezamentos dado à alta susceptibilidade da maioria dessas cultivares. Finalmente pode também ser utilizado o tratamento de semente com inseticidas sistêmicos (Tabela 2).

### **Pulgão-do-milho (*Rhopalosiphum maidis*)**

**Importância econômica** - este é a espécie de inseto de ocorrência mais endêmica no milho, mas raramente constitui problema para a cultura pela ação eficiente dos inimigos naturais (predadores e parasitoide). Ele ataca as partes jovens da planta, preferencialmente o cartucho, mas pode infestar também o pendão e gemas florais. Seus danos diretos ocorrem somente quando a densidade populacional é muito alta e a planta esteja sofrendo de estresse hídrico. Os maiores danos ocorrem sob condições favoráveis para transmissão do vírus do mosaico. Neste caso, mesmo sob densidades muitas vezes não detectáveis pode ocorrer perdas significativas, pois o principal vetor é a forma alada e o vírus é de transmissão estiletar, ou seja transmite de plantas doentes para sadias simplesmente por via mecânica, através da picada de prova.

**Sintomas de danos** - sob altas populações é visível a colônias sobre as plantas (Figura 13) e sob estresse hídrico as folhas mostram-se murchas e com bordas necrosadas. O sintoma da doença aparece no limbo foliar na forma de um mosaico de coloração verde claro num fundo verde escuro.

Foto: Ivan Cruz / Paulo Afonso Viana



**Figura 13.** Pulgão-do-milho (*Rhopalosiphum maidis*).

**Métodos de controle** - para o controle da doença, os métodos culturais, na forma de eliminação dos hospedeiros nativos do patógeno e do vetor (gramíneas em geral), têm sido os mais eficientes. No início de desenvolvimento das plantas, o tratamento de sementes oferece proteção (Tabela 2). Durante o ciclo da planta os inimigos naturais têm ação primordial na manutenção do equilíbrio. Raramente tem sido necessário tomar outras medidas de controle.

### **Lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*)**

**Importância econômica** - a lagarta-do-cartucho atacando plantas mais jovens de milho pode causar a sua morte, especialmente quando a cultura é instalada após a dessecação no sistema de plantio direto. Nessas condições, a lagarta já está presente na área e quando o milho emerge as lagartas podem causar danos nas plantas ainda jovens, aumentando significativamente sua importância no estabelecimento da população de plantas ideal na lavoura.

**Sintomas de danos** - embora a esta espécie ataca tipicamente o cartucho da planta (Figura 14) , o que pode ocorrer desde a emergência até o pendoamento, todavia, quando o ataque ocorre no início de desenvolvimento da cultura, a lagarta pode perfurar a base da planta, atingindo o ponto de crescimento e provocar o sintoma de "coração morto", típico da elasm.

Foto: Ivan Cruz



**Figura 14.** Lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*).

**Métodos de controle** - o tratamento de sementes tem sido o método mais recomendado para controle das pragas iniciais do milho (Tabela 2). Os inseticidas sistêmicos dão controle até cerca de 17 dias após o plantio sob condições satisfatórias de suprimento de água. Sob estresse hídrico os tratamento de semente não apresentam a mesma eficiência e devem ser suplementados por pulverizações dirigidas para o sitio de ataque do inseto.

### **Cigarrinha-das-pastagens (*Deois flavopicta*)**

**Importância econômica** - o milho, o arroz e o sorgo não são considerados hospedeiros dessa espécie por não permitirem o fechamento do seu ciclo biológico. Portanto, a infestação do milho pela cigarrinha é resultado da imigração de adultos proveniente de áreas de pastagens, principalmente daquelas formadas com capins do gênero *Brachiaria*.

**Sintomas de danos** - é relativamente fácil observar a presença dos insetos (Figura 15) alimentando-se nas folhas que após serem picadas, mostram áreas de clorose, amarelecimento e necrose, podendo causar a morte de toda planta. A sensibilidade das plantas é tanto maior quanto mais nova forem.

Foto: Ivan Cruz



**Figura 15.** Cigarrinha-das-pastagens (*Deois flavopicta*).

**Métodos de controle** - evitar sempre que possível, o cultivo de milho em áreas próximas a pastagens de brachiárias. O tratamento de sementes com inseticidas sistêmicos também pode reduzir significativamente os danos causados às plantas (Tabela 2).

### **Broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*)**

**Importância econômica** - tem sido mais problema em plantas mais desenvolvidas, mas essa praga pode também infestar as plantas recém emergidas. Neste caso, as plantas atacadas são totalmente improdutivas sendo os prejuízos proporcionais à redução da população de plantas.

**Sintomas de danos** - os danos pela broca-da-cana em plantas novas são semelhantes aos causados pela lagarta-elasma, folhas raspadas no início da infestação e posteriormente o sintoma de "como o coração morto" e/ou perfilhamento das plantas sobreviventes (Figura 16).

Foto: Ivan Cruz



**Figura 16.** Broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*).

**Métodos de controle** - neste caso os métodos recomendados são os mesmos anteriormente citados. Experimentalmente, o tratamento de sementes com inseticidas sistêmicos ou pulverização dirigida para a base da planta utilizando inseticidas de efeito de profundidade e/ou de ação translaminar possibilita um bom controle da praga.

### **Lagarta-rosca (*Agrotis ipsilon*)**

**Importância econômica** - predomina em áreas de solos pesados, mal cultivado ou seja áreas "sujas". Os danos resultam da redução da população de plantas produtivas cujos prejuízos são proporcionais a taxa de infestação.

**Sintomas de danos** - as larvas atacam a região do coleto, cortando as plantas na base (Figura 17) o que provoca morte ou perfilhamento. Em áreas muito infestadas nota-se muitas plantas cortadas, mas os insetos não são facilmente visíveis já que têm atividade preferencialmente noturna.



**Figura 17.** Lagarta-rosca (*Agrotis ipsilon*).

**Métodos de controle** - os culturais envolvem a antecipação da eliminação de plantas daninhas principalmente via dessecante o que pode reduzir a infestação, pois as mariposas preferem ovipositar em plantas ou restos culturais ainda verdes. O tratamento de sementes com inseticidas sistêmicos também é recomendado em áreas com histórico de incidência dessa praga. Em áreas menores é recomendado também a distribuição de iscas preparadas a base de farelo, melão e um inseticida sem odor como o trichlorfon (Tabela 2).

## Pragas da fase vegetativa e reprodutiva

Os danos causados pelas pragas na fase vegetativa e reprodutiva do milho variam de acordo com o estágio fenológico da planta, condições edafoclimáticas, sistemas de cultivo e fatores bióticos localizados. Nessas fases, a cultura é atacada por várias espécies-praga conforme é mostrado a seguir.

### Na fase vegetativa

#### Lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*)

**Importância econômica** - Esse inseto é considerado a principal praga da cultura do milho no Brasil. O ataque na planta ocorre desde a sua emergência até o pendoamento e espigamento. As perdas devido ao ataque da lagarta pode reduzir a produção em até 34%.

**Sintomas de danos** - No início do ataque, as lagartas raspam as folhas deixando áreas transparentes. Com o seu desenvolvimento, a lagarta localiza-se no cartucho da planta destruindo-o (Figuras 18 e 19). O estágio da planta de milho mais sensível ao ataque é o de 8-10 folhas. A época ideal de realizar medidas para o controle é quando 17% das plantas estiverem com o sintoma de folhas raspadas.



Foto: Ivan Cruz



**Figura 18.** Lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*).

Foto: Ivan Cruz



**Figura 19.** Lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*).

**Métodos de controle** - o predador *Doru luteipes* e os parasitoides *Trichogramma spp.*, *Telenomus sp.*, *Chelonus insularis* e *Campoletis flavicincta*, são importantes agentes de controle biológico dessa praga. Várias doenças também atacam a lagarta, como os fungos *Nomuraea rileyii*, *Botrytis rileyi*, *Beauveria globulifera*; vírus, *Baculovirus*; bactérias, *Bacillus thuringiensis* e outros agentes de menor importância como nematoides e protozoários. Existem um grande número de inseticidas (Tabela 3) registrados para o controle da lagarta que podem ser aplicados via pulverização, e em alguns casos, através de água de irrigação (insetigação). Esses inseticidas diferem em seletividade, ou seja, causam impacto diferenciado sobre os inimigos naturais. O controle da lagarta-do-cartucho também pode ser feito com inseticida natural: O extrato aquoso de folhas de nim apresenta atividade inseticida e pode ser empregado para o controle da lagarta-do-cartucho na lavoura de milho, principalmente em pequenas propriedades rurais ou em áreas de agricultura orgânica. Para que se tenha sucesso no uso do inseticida natural, é necessário seguir os procedimentos descritos na [Circular Técnica 0088](#) - 2006. Essa publicação mostra como coletar as folhas para o preparo do extrato aquoso, a utilização de adjuvantes e a hora de aplicação, o equipamento adequado para a pulverização, a época de aplicar e o número de pulverizações necessárias visando melhor eficiência de controle da praga.

### **Curuquerê-dos-capinzais (*Mocis latipes*)**

**Importância econômica** - Essa praga é de importância secundária para a cultura do milho. Porém, em determinados locais pode ocorrer alta infestação da praga, demandando controle imediato para evitar elevada perda no rendimento de grãos.

**Sintomas de danos** - A lagarta alimenta das folhas do milho deixando somente a nervura central (Figura 20). A infestação geralmente desenvolve em gramíneas ao redor da lavoura e quando ocorre competição por alimento, as lagartas emigram para o milho. Para evitar danos, é necessário realizar vistorias frequentes na fase vegetativa da lavoura, principalmente em áreas vizinhas às pastagens.

Foto: Ivan Cruz



**Figura 20.** Curuquerê-dos-capinzais (*Mocis latipes*).

**Métodos de controle** - O método químico é o mais utilizado e eficiente para o controle dessa lagarta. Porém, nem sempre é necessário aplicar o inseticida em toda área da lavoura, uma vez que a infestação inicia pelas bordas da cultura e a pulverização localizada sobre a área infestada é bastante eficiente. Apesar do tamanho, a lagarta é muito sensível a ação da maioria dos inseticidas recomendados para o controle da lagarta-do-cartucho (Tabela 3). A aplicação do inseticida pode ser realizada tanto por pulverização convencional ou via água de irrigação por aspersão.

**Tabela 3.** Inseticidas registrados para o controle de insetos-praga na cultura do milho. 2002.

Praga	Ingrediente ativo	Nome comercial	Form.	C.TOX.	Dose (p.c./ha)	Fabricante
-------	-------------------	----------------	-------	--------	----------------	------------

Agrotis ipsilon	carbaryl	Carbaryl Fersol 480 SC	SC	II	2,0 - 3,0 l	Fersol
		Carbaryl Fersol Pó 75	DP	III	15,0 - 20,0 kg	Fersol
	carbofuran	Furadan 350 TS	SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg sem.	FMC
		Ralzer 350 SC	SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg sem.	Fersol
	terbufos	Counter 150 G	GR	I	13,0 kg	Basf
		Counter 50 G	GR	I	40,0 kg	Basf
	chlorpyrifos	Lorsban 480 BR	EC	II	1,0 l	Dow AgroSciences
		Vexter	EC	II	1,0 l	Dow AgroSciences
	cypermethrin	Galgotrin	EC	II	0,06 l	Chemotécnica Sintyal
	lambdacyhalothrin	Karate Zeon 250 CS	CS	III	0,01 l	Syngenta
permethrin	Pounce 384 CE	EC	II	0,01 - 0,013 l	FMC	
Astylus variegatus	carbofuran	Furadan 350 TS	SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg	sem.
Cornitermes snyderi	carbofuran	Furadan 350 TS	SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg sem.	FMC
		Furazin 310 TS	SC	I	2,25 l/100 kg sem.	FMC
	carbosulfan	Marshal TS	SC	II	2,0 - 2,8 l/100 kg sem.	FMC
Daubulus maidis	imidacloprid	Marzinc 250 TS	DS	II	2,0 kg/100 kg sem.	FMC
		Gaucho FS	SC	IV	0,8 l	Bayer
	thiomethoxan	Cruiser	DP	III	0,15 - 0,2 kg/100 kg sem.	Syngenta
Deois flavopicta	carbofuran	Diafuran 50	GR	I	20,0 kg	Hokko
	carbosulfan	Marshal TS	FS	II	2,4 - 2,8 l/100 kg sem.	FMC
	imidacloprid	Gaucho FS	FS	IV	0,6 l/100 kg sem.	Bayer
	thiamethoxan	Cruiser 700 WS	WS	III	0,15 - 0,20 kg/100 kg sem.	Syngenta
	thiodicarb	Semevin 350	SC	III	2,0 l/100 kg sem.	Aventis
Diabrotica speciosa	chlorpyrifos	Astro	EW	III	2,6 l	Bayer
		Lorsban 10 G	GR	IV	11,0 kg	Dow AgroSciences
		Sabre	EW	III	2,6 l	Dow AgroSciences
	fipronil	Regente 800 WG	WG	II	0,1 kg	Aventis
	imidacloprid	Gaucho	WP	IV	0,7 kg/100 kg sem.	Bayer
	phorate	Granutox 150 G	GR	II	17 kg	Basf
	terbufos	Counter 50 G	GR	I	40 kg	Basf
		Counter 150 G	GR	I	13 kg	Basf
Dichelops furcatus	imidacloprid	Gaucho FS	SC	IV	0,35 l/100 kg sem.	Bayer
	thiamethoxan	Cruiser 700 WS	DP	III	0,3 kg/100 kg sem.	Syngenta
Diloboderus abderus	thiodicarb	Futur 300	SC	III	2,0 l/100 kg sem.	Aventis
		Semevin 350	SC	III	2,0 l/100 kg sem.	Aventis
Elasmopalpus lignosellus	carbaryl	Carbaryl Fersol 480 SC	SC	II	2,0 - 2,3 l	Fersol
		Carbaryl Fersol Pó 75	DP	III	15,0 - 20,0 kg	Fersol

		Sevin 480 SC	SC	II	1,9 - 2,25 l	Aventis
	carbofuran	Carbofuran Sanachem 350 TS	SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg sem.	Dow AgroSciences
		Carboran Fersol 350 SC	SC	I	2,0 l/100 kg sem.	Fersol
		Diafuran 50	GR	I	30 kg	Hokko
		Furandan 350 SC	SC	I	3,0 - 4,0 l	FMC
		Furadan 350 TS	SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg sem.	FMC
		Furadan 50 G	GR	III	30,0 kg	FMC
		Furazin 310 TS	SC	I	2,25 l/100 kg sem	FMC
		Ralzer 350 SC	SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg sem.	Fersol
		Ralzer 50 GR	GR	I	30,0 kg	Fersol
	carbosulfan	Marshal TS	SC	II	2,4 - 2,8 l/100 kg sem.	FMC
		Marzinc 250 TS	DP	II	2,0 kg/100 kg sem.	FMC
	chlorpyrifos	Lorsban 480 BR	EC	II	1,0 l	Dow AgroSciences
		Vexter	EC	II	1,0 l	Dow AgroSciences
	furathiocarb	Promet 400 CS	SL	III	1,6 l/100 kg sem.	Syngenta
	thiodicarb	Futur 300	SC	III	2,0 l/100 kg sem.	Aventis
		Semevin 350	SC	III	2,0 l/100 kg sem.	Aventis
Frankliniella williamsi	imidacloprid	Gaucho FS	SC	IV	0,8 l/100 kg sem.	Bayer
Helicoverpa zea	carbaryl	Carbaryl Fersol 480 SC	SC	II	2,0 - 2,3 l	Fersol
		Carbaryl Fersol Pó 75	DP	III	15,0 - 20,0 kg	Fersol
		Sevin 480 SC	SC	II	1,90 - 2,25 l	Aventis
	parathion-methyl	Bravik 600 CE	EC	I	0,45 - 0,67 l	Action
	trichlorphon	Dipterex 500	SL	II	0,8 - 2,0 l	Bayer
		Trichorfon 500 Milenia	SL	II	1,0 - 2,0 l	Milenia
Mocis latipes	carbaryl	Carbaryl Fersol 480 SC	SC	II	2,0 - 2,3 l	Fersol
		Carbaryl Fersol Pó 75	PD	III	15,0 - 20,0 kg	Fersol
		Sevin 480 SC	SC	II	1,9 - 2,25 l	Aventis
	chlorpyrifos	Lorsban 480 BR	EC	II	0,6 l	Dow AgroSciences
		Vexter	EC	II	0,6 l	Dow AgroSciences
	malathion	Malathion 500 CE Sultox	EC	III	2,5 l	Action
	parathion-methyl	Bravik 600 CE	EC	I	0,45 - 0,675 l	Action
		Folisuper 600 BR	EC	I	0,25 - 0,65 l	Agripec
	trichlorphon	Dipterex 500	SL	II	0,8 - 2,0 l	Bayer
		Triclorfon 500 Milenia	SL	II	1,0 - 2,0 l	Milenia
Procornitermes triacifer	benfuracarb	Laser 400 SC	SC	II	1,75 - 2,5 l/100 kg sem.	Iharabras
		Oncol Sipcam	SC	II	1,75 - 2,5 l/100 kg sem.	Sipcam
	carbofuran	Furadan 350 TS	SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg sem.	FMC
		Furazin 310 TS	SC	I	2,25 l/100 kg sem.	FMC

	carbosulfan	Marshal TS	SC	II	2,0 - 2,8 l/100 kg sem.	FMC
		Marzinc 250 TS	DS	II	2,0 kg/100 kg sem.	FMC
	imidacloprid	Gaucho FS	FS	IV	0,25 l/100 kg sem.	Bayer
	terbufos	Counter 50 G	GR	I	40 kg	Basf
		Counter 150 G	GR	I	13 kg	Basf
Rhopalosiphum maidis	imidacloprid	Gaucho FS	SC	IV	0,8 l/100 kg sem.	Bayer
Scaptocoris castanea	terbufos	Counter 50 G	GR	I	40 kg	Basf
		Counter 150 G	GR	I	13 kg	Basf
Spodoptera frugiperda	alpha-cypermethrin	Fastac 100 SC	SC	III	0,05 l	Basf
	beta-cyfluthrin	Bulldock 125 SC	SC	II	0,04 l	Bayer
		Full	EC	II	0,1 l	Bayer
		Novapir	EC	II	0,1 l	Cheminova
		Turbo	EC	II	0,1 l	Bayer
	carbaryl	Carbaryl Fersol 480 SC	SC	II	2,0 - 2,3 l	Fersol
		Carbaryl Fersol Pó 75	DP	III	15,0 - 20,0 kg	Fersol Ltda.
		Sevin 480 SC	SC	II	1,9 - 2,25 l	Aventis
	carbofuran	Carbofuran Sanachem 350 TS	SC	I	2,0 - 3,0 l	Dow AgroSciences
		Carboran Fersol 350 SC	SC	I	2,0 kg/100 kg sem.	Fersol
		Diafuran 50	GR	I	20,0 - 30,0 kg	Hokko
		Furadan 350 TS	SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg sem.	FMC
		Furadan 50 G	GR	III	20,0 - 30,0 kg	FMC
		Ralzer 350 SC	SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg sem.	Fersol
		Ralzer 50 GR	GR	I	20,0 - 30,0 kg	Fersol
	chlorfenapyr	Pirate	SC	III	0,5 - 0,75 l	Basf
	chlorfluazuron	Atabron 50 CE	EC	I	0,15 - 0,3 l	Ishihara
	chlorpyrifos	Astro	EW	III	0,3 - 0,5 l	Bayer
		Clorpirifós Fersol 480 CE	EC	II	0,4 - 0,6 l	Fersol
		Clorpirifos Sanachem 480 CE	EC	I	0,4 - 0,6 l	Dow AgroSciences
		Klorpan 480 CE	EC	II	0,4 - 0,6 l	Agripec
		Lorsban 480 BR	EC	II	0,4 - 0,6 l	Dow AgroSciences
		Nufos 480 CE	EC	III	0,4 - 0,6 l	Cheminova
		Pyrinex 480 CE	EC	II	0,4 l	Agricur
		Sabre	EW	III	0,3 - 0,5 l	Dow AgroSciences
		Vexter	EC	II	0,4 - 0,6 l	Dow AgroSciences
	cyfluthrin	Baytroid CE	EC	III	0,3 l	Bayer
	cypermethrin	Arrivo 200 CE	EC	III	0,05 - 0,08 l	FMC
		Cipermetrina Nortox 250 CE	EC	I	0,04 - 0,065 l	Nortox

	Cipertrin	EC	II	0,05 - 0,06 l	Prentiss
	Commanche 200 CE	EC	III	0,05 - 0,06 l	FMC.
	Cyprtrin 250 CE	EC	I	0,05 - 0,06 l	Agripec
	Galgotrin	EC	II	0,05 l	Chemotécnica Sintyal
	Ripcord 100	EC	II	0,1 l	Basf
deltamethrin	Decis 25 CE	EC	III	0,2 l	Aventis
	Decis 4 UBV	UL	III	1,3 - 2,0 l	Aventis
	Decis 50 SC	SC	IV	0,05 - 0,075 l	Aventis
	Decis Ultra 100 CE	EC	I	0,04 - 0,05 l	Aventis
	Keshet 25 CE	EC	I	0,2 l	Agricur
deltamethrin + triazophos	Deltaphos	EC	I	0,25 - 0,35 l	Aventis
diflubenzuron	Dimilin	WP	IV	0,1 kg	Uniroyal
enxofre	Kumulus DF	WG	IV	1,0 kg	Basf
esfenvalerate	Sumidan 25 CE	EC	I	0,6 - 0,8 l	Sumitomo
etofenprox	Trebon 300 CE	EC	III	0,07 - 0,1 l	Sipcam
fenitrothion	Sumibase 500 CE	EC	II	1,0 - 2,0 l	Sumitomo
	Sumithion 500 CE	EC	II	1,0 - 1,5 l	Sumitomo
fenpropathrin	Danimen 300 CE	EC	I	0,1 - 0,12 l	Sumitomo
furathiocarb	Promet 400 CS	SL	III	1,6 l/100 kg sem.	Syngenta
lambda-cyhalothrin	Karate 50 CE	EC	II	0,15 l	Syngenta
	Karate Zeon 250 CS	CS	III	0,03 l	Syngenta
	Karate Zeon 50 CS	CS	III	0,15 l	Syngenta
lufenuron	Match CE	EC	IV	0,3 l	Syngenta
malathion	Malathion 500 CE Sultox	EC	III	2,5 l	Action
methomyl	Lannate BR	SL	I	0,6 l	Du Pont
	Lannate Express	SL	II	0,6 l	Du Pont
	Methomex 215 LS	SL	II	0,6 l	Agricur
methoxyfenozide	Intrepid 240 SC	SC	IV	0,15 - 0,18 l	Dow AgroSciences
	Valient	SC	IV	0,15 - 0,18 l	Bayer
monocrotophos	Agrophos 400	SL	I	0,6 - 0,9 l	Agripec
novaluron	Gallaxy 100 CE	EC	IV	0,15 l	Agricur
	Rimon 100 CE	EC	IV	0,15 l	Agricur
parathion-methyl	Bravik 600 CE	EC	I	0,45 - 0,675 l	Action
	Folidol 600	EC	II	0,45 - 0,675 l	Bayer
	Folidol ME	CS	III	0,7 l	Bayer
	Folisuper 600 BR	EC	I	0,25 - 0,65 l	Agripec
	Mentox 600 CE	EC	II	0,65 l	Prentiss

		Paracap 450 MCS	CS	III	0,7 l	Cheminova
		Parathion Metílico Pikapau	DP	I	0,65 l	Químicas São Vicente
	permethrin	Ambush 500 CE	EC	II	0,05 l	Syngenta
		Corsair 500 CE	EC	II	0,1 l	Aventis
		Permetrina Fersol 384 CE	EC	I	0,1 - 0,13 l	Fersol
		Piredan	EC	II	0,065 l	Du Pont
		Pounce 384 CE	EC	II	0,065 l	FMC
		Talcord 250 CE	EC	II	0,1 l	Basf
		Valon 384 CE	EC	II	0,065 l	Dow AgroSciences
	profenofos	Curacron 500	EC	III	0,5 l	Syngenta
	pyridaphenthion	Ofunack 400 CE	EC	III	0,5 l	Sipcam
	spinosad	Credence	SC	III	0,037 - 0,1 l	Dow AgroSciences
		Tracer	SC	III	0,037 - 0,1 l	Dow AgroSciences
	tebufenozide	Mimic 240 SC	SC	IV	0,3 l	Dow AgroSciences
	thiodicarb	Futur 300	SC	III	2,0 l /100 kg sem.	Aventis
	thiodicarb	Futur 300	SC	III	2,0 l /100 kg sem.	Aventis
		Larvin 800 WG	WG	II	0,1 - 0,15 l	Aventis
		Semevin 350	SC	III	2,0 l/100 kg sem.	Aventis
	triazophos	Hostathion 400 BR	EC	I	0,3 - 0,5 l	Aventis
	trichlorphon	Dipterex 500	SL	II	0,8 - 2,0 l	Bayer
		Triclorfon 500 Milena	SL	II	1,0 - 2,0 l	Milena
	triflumuron	Alsystin 250 PM	WP	IV	0,1 kg	Bayer
		Alsystin 480 SC	SC	IV	0,05 l	Bayer
		Brigadier	WP	II	0,1 kg	Bayer
		Certero	SC	IV	0,05 l	Bayer
		Rigel	SC	IV	0,05 l	Cheminova
	zeta-cypermethrin	Fury 180 EW	EW	II	0,04 l	FMC
		Fury 200 EW	EW	III	0,08 - 0,1 l	FMC
		Fury 400 CE	EC	II	0,05 - 0,08 l	FMC
Syntermes molestus	benfuracarb	Laser 400 SC	SC	II	1,75 - 2,5 l/100 kg sem.	Iharabras
		Oncol Sipcam	SC	II	1,75 - 2,5 l/100 kg sem.	Sipcam
	carbofuran	Furadan 350 TS	SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg sem.	FMC
		Furazin 310 TS	SC	I	2,25 l/100 kg sem.	FMC
	carbosulfan	Marshal TS	SC	II	2,0 - 2,8 l/100 kg sem.	FMC
		Marzinc 250 TS	DS	II	2,0 kg/100 kg sem.	FMC
	imidacloprid	Gaucho	WS	IV	1 kg/100 kg sem.	Bayer
		Gaucho FS	FS	IV	0,4 l/100 l água	Bayer



terbufos	Counter 50 G	GR	I	40 kg	Basf
	Counter 150 G	GR	I	13 kg	Basf
thiodicarb	Futur 300	SC	III	2,0 l/100 kg sem.	Aventis
	Semevin 350	SC	III	2,0 l/100 kg sem.	Aventis

---

Fonte: MAPA Agrofit.

### Broca da cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*)

**Importância econômica** - Essa praga tem constituído um problema sério para a cultura do milho no Brasil Central. Em altas infestações, o ataque desse inseto pode causar perdas de até 21% na produção.

**Sintomas de danos** - Essa praga tem causado danos diretos e indiretos, afetando o enchimento dos grãos, bem como provocando o quebramento do colmo devido a infecção por microorganismos e ao próprio dano causado pela broca na haste da planta (Figura 21). Quando o ataque é intenso, a planta pode secar precocemente e se tornar improdutivo.

Foto: Ivan Cruz



**Figura 21.** Broca da cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*).

**Métodos de controle** - Na cultura da cana-de-açúcar, o controle desse inseto tem sido realizado com sucesso através de inimigos naturais. Os principais parasitoides são o *Metagonistylum minense* e o *Trichogramma* spp., podendo o parasitismo da lagarta chegar a atingir 20%. Para regiões onde o milho é plantado na safra e na safrinha, e onde várias outras culturas hospedeiras da broca são cultivadas durante quase todo o ano, aumenta a importância desse método de controle. Não existem inseticidas registrados no MAPA para o controle dessa praga atacando o milho. Experimentalmente, os inseticidas lufenuron (15 g i.a./ha) e acephate (750 g i.a./ha) aplicados antes da broca penetrar no colmo, possibilita um controle eficiente da praga. Eliminação de restos culturais de plantas hospedeiras, ajuda a reduzir a infestação na próxima safra.

### **Cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*)**

**Importância econômica** - Essa cigarrinha é o vetor das doenças denominadas enfezamentos pálido e vermelho. O inseto também é vetor do vírus do raiado fino. As perdas na lavoura de milho variam de 9% a 90%, dependendo da susceptibilidade das cultivares utilizadas, do patógeno envolvido e das condições ambientais. Essa inseto tem trazido sérios prejuízos para a cultura do milho no Brasil Central.

**Sintomas de danos** - Os sintomas das plantas infectadas aparecem depois de 4 a 7 semanas da alimentação do inseto. Os danos diretos causados pela cigarrinha decorrem da sucção de seiva, ocasionando mudança na coloração da folha (avermelhada ou amarelada), murcha e morte das plantas. Os danos são mais acentuados em plantios de verão realizados tardiamente e em cultivos de safrinha.

Foto: Acervo Embrapa Milho e Sorgo, autoria desconhecida



**Figura 22.** Cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*).

**Métodos de controle** - O principal método de controle para essa praga tem sido o emprego de cultivares resistentes. Tem-se observado diferenças significativas entre os híbridos comerciais disponíveis no mercado quanto a susceptibilidade às doenças transmitidas pela cigarrinha. Medidas culturais como a eliminação das plantas voluntárias, plantio mais cedo, evitar plantio sucessivos e contínuos, reduzem a população da praga. O controle químico pode ser realizado com inseticidas (Tabela 3) aplicados no sulco de plantio ou através do tratamento de sementes.

### **Pulgão-do-milho (*Rhopalosiphum maidis*)**

**Importância econômica** - Esse inseto é uma praga secundária do milho e somente causa prejuízos em alta infestação.

**Sintomas de danos** - A praga vive em colônias (Figura 23) e elimina dejeções líquidas onde se desenvolve um fungo negro (fumagina). O inseto alimenta nos tecidos jovem e vive em colônias situadas no interior do cartucho, no pendão e nas gemas das plantas. O inseto suga a seiva das plantas e transmite viroses, principalmente mosaico. A infestação do pulgão no estágio de pré-florescimento prejudica a formação de grãos, originando espigas pequenas que quando torcida manualmente, apresentam o aspecto de "grãos frouxos".

Foto: Ivan Cruz



**Figura 23.** Pulgão-do-milho (*Rhopalosiphum maidis*).

**Métodos de controle** - Vários inimigos naturais parasitam e predam o pulgão do milho mantendo sua população sob controle. Fatores climáticos como vento e chuvas frequentes são desfavoráveis ao inseto. O controle químico somente é justificável em altas populações, principalmente quando coincide com o pré-florescimento, podendo nesse caso acarretar perda econômica na lavoura devido ao ataque da praga (Tabela 3).

## Na fase reprodutiva

### Lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*)

**Importância econômica** o inseto é considerado a principal praga da cultura do milho no Brasil. O ataque na planta ocorre desde a sua emergência até o pendoamento e espigamento. As perdas devido ao ataque da lagarta na espiga pode ser alta, especialmente quando o ataque é na inserção com a planta, pois pode haver queda da espiga ou até mesmo falta de enchimento dos grãos. Muitas vezes a falta de controle ou o controle inadequado do inseto na fase vegetativa (fase de cartucho), faz com que se tenha a presença na espiga de lagartas bem desenvolvidas com grande capacidade de destruição.

**Sintomas de danos** - Na espiga a lagarta pode atacar os estilo-estigmas ("cabelo do milho"), os grãos em formação, na ponta da espiga ou em outras parte como a porção mediana ou basal. Orifícios na palha é um bom indicativo da presença da praga; Espigas caídas e/ou danos no ponto de inserção da espiga com o colmo também são sintomas do ataque da lagarta (Figuras 24 e 25).

Foto: Ivan Cruz



**Figura 24.** Lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*).

Foto: Ivan Cruz



**Figura 25.** Lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*).

**Métodos de controle** - O controle da praga quando o ataque é na espiga é muito difícil com métodos convencionais em função da dificuldade de colocação do inseticida químico (Tabela 3) no local onde se encontra a praga, mesmo quando ela está exposta nos estilos-estigma. Fica praticamente impossível quando a praga encontra-se protegida pela palha. O controle biológico especialmente com os predadores *Doru luteipes* e *Orius spp.* tem sido importante na manutenção dessa praga em níveis populacionais baixo na espiga de milho.

### **Lagarta-da-espiga (*Helicoverpa zea*)**

**Importância econômica** - Tipicamente o inseto coloca seus ovos nos estilos-estigmas (Figura 26), local onde as lagartas recém-nascidas iniciam os seus danos, podendo ocasionar falhas na produção de grãos. À medida que a larva desenvolve ela dirige-se para a ponta da espiga para alimentar-se dos grãos em formação. Os prejuízos estimados para essa praga é cerca de 8% nos rendimentos.



**Figura 26.** Lagarta-da-espiga (*Helicoverpa zea*).

**Sintomas de danos** - Estilo-estigmas danificados e grãos na ponta da espiga danificados (Figura 27), podem representar os sintomas de ataque da praga. Deve-se considerar que também a lagarta-do-cartucho pode também estar presente na espiga e ocasionar sintoma de dano semelhante.

Foto: Ivan Cruz



**Figura 27.** Lagarta-da-espiga (*Helicoverpa zea*).

**Métodos de controle** -Pela localização da praga o controle convencional através da pulverização tem baixa eficiência (Tabela 3). Um controle efetivo pode ser conseguido através da liberação de vespas do gênero *Trichogramma*, comercialmente disponíveis no mercado brasileiro. De maneira geral, onde ainda existe o equilíbrio biológico o controle natural através de *Trichogramma*, ou da tesourinha, *Doru luteipes* ou de espécies de *Orius* tem sido suficiente para manter a praga com nível populacional insuficiente para causar dano econômico.

## Manejo Integrado de Pragas (MIP)

A definição de MIP adotada por um painel organizado pela FAO enuncia: "Manejo Integrado de Pragas é o sistema de manejo de pragas que no contexto associa o ambiente e a dinâmica populacional da espécie, utiliza todas as técnicas apropriadas e métodos de forma tão compatível quanto possível e

mantém a população da praga em níveis abaixo daqueles capazes de causar dano econômico".

Os fundamentos, tanto do Controle Integrado como do Manejo Integrado de Pragas, baseiam-se em quatro elementos: na exploração do controle natural, dos níveis de tolerância das plantas aos danos causados pelas pragas, no monitoramento das populações para tomadas de decisão e na biologia e ecologia da cultura e de suas pragas. Estas premissas implicam no conhecimento dos fatores naturais de mortalidade, nas definições das densidades populacionais ou da quantidade de danos causados pelas espécies-alvo equivalentes aos níveis de dano econômico (NDE) e de controle (NC), que fica imediatamente abaixo do NDE. Outra variável importante seria a determinação do nível de equilíbrio (NE) das espécies que habitam o agroecossistema em questão. Em função da flutuação da densidade da espécie-alvo e de sua posição relativa a esses três níveis (NE, NDE E NC) ao longo do tempo, as espécies podem ser classificadas em pragas-chave (densidade populacional sempre acima do NDE), pragas esporádicas (densidade na lavoura raramente atinge o NDE) e não-pragas (a densidade da espécie em questão nunca atinge o NDE). Mais recentemente tem sido proposto também o nível de não-controle (NNC), ou seja, a densidade populacional de uma ou mais espécies de inimigos naturais capaz de reduzir a população da espécie -alvo a níveis não econômicos, dispensando assim, a utilização de medidas de controle.

## Monitoramento

O monitoramento é o primeiro passo para se praticar o MIP. Sem monitorar a densidade populacional da espécie-alvo no campo não há como se aplicar os princípios do MIP. Assim, recomenda-se iniciar o monitoramento mesmo antes de se iniciar o plantio. A frequência e o método de amostragem depende da fase de desenvolvimento da cultura e do nível de precisão que se pretende conduzir o manejo. Quanto maior a frequência e tamanho da amostra melhor, entretanto, deve-se considerar também os custos dessas amostragens.

**Monitoramento de pragas de solo** - Deve-se examinar amostras de solo de 30 cm x 30 cm por 15 cm de profundidade utilizando-se uma peneira e procurando por insetos. Para a larva-aramé, medias de controle devem ser adotadas se dois ou mais insetos forem detectadas por amostra. A média de uma larva pôr amostra é suficiente para causar dano significativo. Neste caso, o tratamento do solo com inseticidas é necessário.

Para a simples detecção da presença de insetos no campo, pode-se proceder da seguinte maneira: tomar cerca de 200 g de sementes sem tratamento e enterrar em locais, com identificação, dentro da área a ser cultivada e cobrir com um pedaço de plástico transparente; alguns dias depois, desenterrar o material e procurar por insetos. No caso de cupins subterrâneos, examinar pedaços de colmo ou sabugos de milho da cultura anterior ou pode-se enterrar pedaços desses materiais ou mesmo rolo de papel higiênico (sem cor e perfume) em pontos estratégicos e após alguns dias examinar o material visando detectar a presença de insetos.

**Monitoramento de pragas iniciais e do período vegetativo** - Sendo realizado o tratamento de sementes, esse levantamento pode ser iniciado a partir da terceira semana após a semeadura do milho. A detecção de cigarrinhas pode ser feita através de exame direto ou utilizando-se rede entomológica. Para se estimar densidades com maior precisão pode-se usar o método do saco plástico. Neste caso, se em áreas e/ou condições de risco de incidência de enfezamentos e viroses, recomenda-se fazer o controle quando detectado a presença dos insetos. No caso da incidência da lagarta-do-cartucho, lagarta-elasmó, broca-da-cana ou lagarta-rosca, deve-se estimar a incidência contando-se o número de plantas atacadas em 10 m de fileira e adotar medidas de controle em função do nível de dano. Para o controle da lagarta-do-cartucho, existem recomendações de amostragemns sequencial.

## Algumas estratégias de manejo



## Tratamento de sementes

O tratamento de sementes é uma prática que tem sido largamente difundida nos últimos anos visando o controle de pragas subterrâneas e iniciais da cultura do milho em áreas que apresentam histórico de problemas oriundos de ataque de determinados grupos de insetos (ver sessões de pragas subterrâneas e iniciais). Os danos causados por essas pragas, resultam em falhas na lavoura devido a sua alimentação, nas sementes após a semeadura, nas raízes após a germinação, e da parte aérea de plantas recém-emergidas. Tem-se como ponto primordial para se obter alta produtividade na lavoura, o estabelecimento de um número ideal de plantas por área para que tal fato se suceda. Em lavoura com baixo estande, a utilização dos demais insumos não contribuirão para que o agricultor obtenha a rentabilidade esperada da lavoura.

No tratamento de sementes, a quantidade relativamente pequena de ingrediente ativo aplicado sobre a semente, protege as sementes no solo até a sua germinação, bem como as raízes e a parte aérea da planta logo após a sua emergência. O seu emprego, muitas vezes reduz a necessidade de pulverizações de plantas recém-emergidas com inseticidas de custos elevados e que na aplicação, geralmente, não atinge o alvo, devido a pequena área foliar das plantas em pós-emergência. Portanto, a prática contribui para reduzir o impacto negativo no ecossistema, uma vez que não afeta diretamente os inimigos naturais que estão se estabelecendo nesta fase de desenvolvimento da cultura. A técnica ainda apresenta a vantagem do uso ser relativamente fácil e em alguns casos, de baixo custo. Atualmente, existe uma variação bastante grande nos preços de inseticidas, na toxicidade e na eficiência no do tratamento de sementes. Tem-se observado que determinados grupos de inseticidas possibilitam melhor controle de lagartas (elasmo, lagarta-rosca), outros apresentam melhor desempenho para insetos sugadores (percevejo castanho, percevejo barriga verde, percevejo preto), térmitas (cupins) e finalmente, larvas de coleópteros (bicho-bolo, larva-aramé, larva-alfinete). Para cada caso, a escolha do inseticida deve estar em consonância com os registros no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Tabela 1).

**Tabela 4.** Inseticidas registrados para o controle de insetos-praga na cultura do milho. 2002.

Praga	Ingrediente ativo	Nome comercial	Form.	C.TOX.	Dose (p.c./ha)	Fabricante
Agrotis ipsilon	carbaryl	Carbaryl Fersol 480 SC	SC	II	2,0 - 3,0 l	Fersol
		Carbaryl Fersol Pó 75	DP	III	15,0 - 20,0 kg	Fersol
	carbofuran	Furadan 350 TS	SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg sem.	FMC
		Ralzer 350 SC	SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg sem.	Fersol
	terbufos	Counter 150 G	GR	I	13,0 kg	Basf
		Counter 50 G	GR	I	40,0 kg	Basf
	chlorpyrifos	Lorsban 480 BR	EC	II	1,0 l	Dow AgroSciences
		Vexter	EC	II	1,0 l	Dow AgroSciences
	cypermethrin	Galgotrin	EC	II	0,06 l	Chemotécnica Sintyal
	lambdacyhalothrin	Karate Zeon 250 CS	CS	III	0,01 l	Syngenta
permethrin	Pounce 384 CE	EC	II	0,01 - 0,013 l	FMC	
Astylus variegatus	carbofuran	Furadan 350 TS	SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg	sem.
Cornitermes snyderi	carbofuran	Furadan 350 TS	SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg sem.	FMC
		Furazin 310 TS	SC	I	2,25 l/100 kg sem.	FMC
	carbosulfan	Marshal TS	SC	II	2,0 - 2,8 l/100 kg sem.	FMC
		Marzinc 250 TS	DS	II	2,0 kg/100 kg sem.	FMC
Daubulus maidis	imidacloprid	Gaucho FS	SC	IV	0,8 l	Bayer

Deois flavopicta	thiomethoxan	Cruiser	DP	III	0,15 - 0,2 kg/100 kg sem.	Syngenta	
	carbofuran	Diafuran 50	GR	I	20,0 kg	Hokko	
	carbosulfan	Marshal TS	FS	II	2,4 - 2,8 l/100 kg sem.	FMC	
	imidacloprid	Gaucho FS	FS	IV	0,6 l/100 kg sem.	Bayer	
Diabrotica speciosa	thiamethoxan	Cruiser 700 WS	WS	III	0,15 - 0,20 kg/100 kg sem.	Syngenta	
	thiodicarb	Semevin 350	SC	III	2,0 l/100 kg sem.	Aventis	
	chlorpyrifos	Astro	EW	III	2,6 l	Bayer	
		Lorsban 10 G	GR	IV	11,0 kg	Dow AgroSciences	
		Sabre	EW	III	2,6 l	Dow AgroSciences	
	fipronil	Regente 800 WG	WG	II	0,1 kg	Aventis	
	imidacloprid	Gaucho	WP	IV	0,7 kg/100 kg sem.	Bayer	
	phorate	Granutox 150 G	GR	II	17 kg	Basf	
	terbufos	Counter 50 G	GR	I	40 kg	Basf	
		Counter 150 G	GR	I	13 kg	Basf	
imidacloprid		Gaucho FS	SC	IV	0,35 l/100 kg sem.	Bayer	
		thiamethoxan	Cruiser 700 WS	DP	III	0,3 kg/100 kg sem.	Syngenta
Diloboderus abderus	thiodicarb	Futur 300	SC	III	2,0 l/100 kg sem.	Aventis	
		Semevin 350	SC	III	2,0 l/100 kg sem.	Aventis	
Elasmopalpus lignosellus	carbaryl	Carbaryl Fersol 480 SC	SC	II	2,0 - 2,3 l	Fersol	
		Carbaryl Fersol Pó 75	DP	III	15,0 - 20,0 kg	Fersol	
		Sevin 480 SC	SC	II	1,9 - 2,25 l	Aventis	
		carbofuran	Carbofuran Sanachem 350 TS	SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg sem.	Dow AgroSciences
	Carboran Fersol 350 SC		SC	I	2,0 l/100 kg sem.	Fersol	
	Diafuran 50		GR	I	30 kg	Hokko	
	Furandan 350 SC		SC	I	3,0 - 4,0 l	FMC	
	Furadan 350 TS		SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg sem.	FMC	
	Furadan 50 G		GR	III	30,0 kg	FMC	
	Furazin 310 TS		SC	I	2,25 l/100 kg sem	FMC	
	Ralzer 350 SC		SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg sem.	Fersol	
	Ralzer 50 GR		GR	I	30,0 kg	Fersol	
	carbosulfan		Marshal TS	SC	II	2,4 - 2,8 l/100 kg sem.	FMC
			Marzinc 250 TS	DP	II	2,0 kg/100 kg sem.	FMC
	chlorpyrifos		Lorsban 480 BR	EC	II	1,0 l	Dow AgroSciences
		Vexter	EC	II	1,0 l	Dow AgroSciences	
	furathiocarb	Promet 400 CS	SL	III	1,6 l/100 kg sem.	Syngenta	
	thiodicarb	Futur 300	SC	III	2,0 l/100 kg sem.	Aventis	
		Semevin 350	SC	III	2,0 l/100 kg sem.	Aventis	

Frankliniella williamsi	imidacloprid	Gaucho FS	SC	IV	0,8 l/100 kg sem.	Bayer	
Helicoverpa zea	carbaryl	Carbaryl Fersol 480 SC	SC	II	2,0 - 2,3 l	Fersol	
		Carbaryl Fersol Pó 75	DP	III	15,0 - 20,0 kg	Fersol	
		Sevin 480 SC	SC	II	1,90 - 2,25 l	Aventis	
	parathion-methyl	Bravik 600 CE	EC	I	0,45 - 0,67 l	Action	
		trichlorphon	Dipterex 500	SL	II	0,8 - 2,0 l	Bayer
			Trichorfon 500 Milena	SL	II	1,0 - 2,0 l	Milena
Mocis latipes	carbaryl	Carbaryl Fersol 480 SC	SC	II	2,0 - 2,3 l	Fersol	
		Carbaryl Fersol Pó 75	PD	III	15,0 - 20,0 kg	Fersol	
		Sevin 480 SC	SC	II	1,9 - 2,25 l	Aventis	
	chlorpyrifos	Lorsban 480 BR	EC	II	0,6 l	Dow AgroSciences	
		Vexter	EC	II	0,6 l	Dow AgroSciences	
	malathion	Malathion 500 CE Sultox	EC	III	2,5 l	Action	
	parathion-methyl	Bravik 600 CE	EC	I	0,45 - 0,675 l	Action	
		Folisuper 600 BR	EC	I	0,25 - 0,65 l	Agripec	
	trichlorphon	Dipterex 500	SL	II	0,8 - 2,0 l	Bayer	
		Triclorfon 500 Milena	SL	II	1,0 - 2,0 l	Milena	
	Procornitermes triacifer	benfuracarb	Laser 400 SC	SC	II	1,75 - 2,5 l/100 kg sem.	Iharabras
			Oncol Sipcam	SC	II	1,75 - 2,5 l/100 kg sem.	Sipcam
		carbofuran	Furadan 350 TS	SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg sem.	FMC
			Furazin 310 TS	SC	I	2,25 l/100 kg sem.	FMC
carbosulfan		Marshal TS	SC	II	2,0 - 2,8 l/100 kg sem.	FMC	
		Marzinc 250 TS	DS	II	2,0 kg/100 kg sem.	FMC	
imidacloprid		Gaucho FS	FS	IV	0,25 l/100 kg sem.	Bayer	
terbufos		Counter 50 G	GR	I	40 kg	Basf	
		Counter 150 G	GR	I	13 kg	Basf	
		Gaucho FS	SC	IV	0,8 l/100 kg sem.	Bayer	
Rhopalosiphum maidis	imidacloprid	Gaucho FS	SC	IV	0,8 l/100 kg sem.	Bayer	
Scaptocoris castanea	terbufos	Counter 50 G	GR	I	40 kg	Basf	
		Counter 150 G	GR	I	13 kg	Basf	
		Fastac 100 SC	SC	III	0,05 l	Basf	
Spodoptera frugiperda	alpha-cypermethrin	Bulldock 125 SC	SC	II	0,04 l	Bayer	
		Full	EC	II	0,1 l	Bayer	
		Novapir	EC	II	0,1 l	Cheminova	
		Turbo	EC	II	0,1 l	Bayer	
		Carbaryl Fersol 480 SC	SC	II	2,0 - 2,3 l	Fersol	
	carbaryl	Carbaryl Fersol Pó 75	DP	III	15,0 - 20,0 kg	Fersol Ltda.	
		Sevin 480 SC	SC	II	1,9 - 2,25 l	Aventis	
	carbofuran	Carbofuran Sanachem 350 TS	SC	I	2,0 - 3,0 l	Dow AgroSciences	

	Carboran Fersol 350 SC	SC	I	2,0 kg/100 kg sem.	Fersol
	Diafuran 50	GR	I	20,0 - 30,0 kg	Hokko
	Furadan 350 TS	SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg sem.	FMC
	Furadan 50 G	GR	III	20,0 - 30,0 kg	FMC
	Ralzer 350 SC	SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg sem.	Fersol
	Ralzer 50 GR	GR	I	20,0 - 30,0 kg	Fersol
chlorfenapyr	Pirate	SC	III	0,5 - 0,75 l	Basf
chlorfluazuron	Atabron 50 CE	EC	I	0,15 - 0,3 l	Ishihara
chlorpyrifos	Astro	EW	III	0,3 - 0,5 l	Bayer
	Clorpirifós Fersol 480 CE	EC	II	0,4 - 0,6 l	Fersol
	Clorpirifos Sanachem 480 CE	EC	I	0,4 - 0,6 l	Dow AgroSciences
	Klorpan 480 CE	EC	II	0,4 - 0,6 l	Agripec
	Lorsban 480 BR	EC	II	0,4 - 0,6 l	Dow AgroSciences
	Nufos 480 CE	EC	III	0,4 - 0,6 l	Cheminova
	Pyrinex 480 CE	EC	II	0,4 l	Agricur
	Sabre	EW	III	0,3 - 0,5 l	Dow AgroSciences
	Vexter	EC	II	0,4 - 0,6 l	Dow AgroSciences
cyfluthrin	Baytroid CE	EC	III	0,3 l	Bayer
cypermethrin	Arrivo 200 CE	EC	III	0,05 - 0,08 l	FMC
	Cipermetrina Nortox 250 CE	EC	I	0,04 - 0,065 l	Nortox
	Cipertrin	EC	II	0,05 - 0,06 l	Prentiss
	Commanche 200 CE	EC	III	0,05 - 0,06 l	FMC.
	Cyptrin 250 CE	EC	I	0,05 - 0,06 l	Agripec
	Galgotrin	EC	II	0,05 l	Chemotécnica Sintyal
	Ripcord 100	EC	II	0,1 l	Basf
deltamethrin	Decis 25 CE	EC	III	0,2 l	Aventis
	Decis 4 UBV	UL	III	1,3 - 2,0 l	Aventis
	Decis 50 SC	SC	IV	0,05 - 0,075 l	Aventis
	Decis Ultra 100 CE	EC	I	0,04 - 0,05 l	Aventis
	Keshet 25 CE	EC	I	0,2 l	Agricur
deltamethrin + triazophos	Deltaphos	EC	I	0,25 - 0,35 l	Aventis
diflubenzuron	Dimilin	WP	IV	0,1 kg	Uniroyal
enxofre	Kumulus DF	WG	IV	1,0 kg	Basf
esfenvalerate	Sumidan 25 CE	EC	I	0,6 - 0,8 l	Sumitomo
etofenprox	Trebon 300 CE	EC	III	0,07 - 0,1 l	Sipcam
fenitrothion	Sumibase 500 CE	EC	II	1,0 - 2,0 l	Sumitomo
	Sumithion 500 CE	EC	II	1,0 - 1,5 l	Sumitomo

fenpropathrin	Danimen 300 CE	EC	I	0,1 - 0,12 l	Sumitomo
furathiocarb	Promet 400 CS	SL	III	1,6 l/100 kg sem.	Syngenta
lambda-cyhalothrin	Karate 50 CE	EC	II	0,15 l	Syngenta
	Karate Zeon 250 CS	CS	III	0,03 l	Syngenta
	Karate Zeon 50 CS	CS	III	0,15 l	Syngenta
lufenuron	Match CE	EC	IV	0,3 l	Syngenta
malathion	Malathion 500 CE Sultox	EC	III	2,5 l	Action
methomyl	Lannate BR	SL	I	0,6 l	Du Pont
	Lannate Express	SL	II	0,6 l	Du Pont
	Methomex 215 LS	SL	II	0,6 l	Agricur
methoxyfenozide	Intrepid 240 SC	SC	IV	0,15 - 0,18 l	Dow AgroSciences
	Valient	SC	IV	0,15 - 0,18 l	Bayer
monocrotophos	Agrophos 400	SL	I	0,6 - 0,9 l	Agripec
novaluron	Gallaxy 100 CE	EC	IV	0,15 l	Agricur
	Rimon 100 CE	EC	IV	0,15 l	Agricur
parathion-methyl	Bravik 600 CE	EC	I	0,45 - 0,675 l	Action
	Folidol 600	EC	II	0,45 - 0,675 l	Bayer
	Folidol ME	CS	III	0,7 l	Bayer
	Folisuper 600 BR	EC	I	0,25 - 0,65 l	Agripec
	Mentox 600 CE	EC	II	0,65 l	Prentiss
	Paracap 450 MCS	CS	III	0,7 l	Cheminova
	Parathion Metílico Pikapau	DP	I	0,65 l	Químicas São Vicente
	Ambush 500 CE	EC	II	0,05 l	Syngenta
permethrin	Corsair 500 CE	EC	II	0,1 l	Aventis
	Permetrina Fersol 384 CE	EC	I	0,1 - 0,13 l	Fersol
	Piredan	EC	II	0,065 l	Du Pont
	Pounce 384 CE	EC	II	0,065 l	FMC
	Talcord 250 CE	EC	II	0,1 l	Basf
	Valon 384 CE	EC	II	0,065 l	Dow AgroSciences
	Curacron 500	EC	III	0,5 l	Syngenta
	Ofunack 400 CE	EC	III	0,5 l	Sipcam
spinosad	Credence	SC	III	0,037 - 0,1 l	Dow AgroSciences
	Tracer	SC	III	0,037 - 0,1 l	Dow AgroSciences
tebufenozide	Mimic 240 SC	SC	IV	0,3 l	Dow AgroSciences
thiodicarb	Futur 300	SC	III	2,0 l /100 kg sem.	Aventis
thiodicarb	Futur 300	SC	III	2,0 l /100 kg sem.	Aventis
	Larvin 800 WG	WG	II	0,1 - 0,15 l	Aventis
	Semevin 350	SC	III	2,0 l/100 kg sem.	Aventis

	triazophos	Hostathion 400 BR	EC	I	0,3 - 0,5 l	Aventis
	trichlorphon	Dipterex 500	SL	II	0,8 - 2,0 l	Bayer
		Triclorfon 500 Milena	SL	II	1,0 - 2,0 l	Milena
	triflumuron	Alsystin 250 PM	WP	IV	0,1 kg	Bayer
		Alsystin 480 SC	SC	IV	0,05 l	Bayer
		Brigadier	WP	II	0,1 kg	Bayer
		Certero	SC	IV	0,05 l	Bayer
		Rigel	SC	IV	0,05 l	Cheminova
	zeta-cypermethrin	Fury 180 EW	EW	II	0,04 l	FMC
		Fury 200 EW	EW	III	0,08 - 0,1 l	FMC
		Fury 400 CE	EC	II	0,05 - 0,08 l	FMC
Syntermes molestus	benfuracarb	Laser 400 SC	SC	II	1,75 - 2,5 l/100 kg sem.	Iharabras
		Oncol Sipcam	SC	II	1,75 - 2,5 l/100 kg sem.	Sipcam
	carbofuran	Furadan 350 TS	SC	I	2,0 - 3,0 l/100 kg sem.	FMC
		Furazin 310 TS	SC	I	2,25 l/100 kg sem.	FMC
	carbosulfan	Marshal TS	SC	II	2,0 - 2,8 l/100 kg sem.	FMC
		Marzinc 250 TS	DS	II	2,0 kg/100 kg sem.	FMC
	imidacloprid	Gaucho	WS	IV	1 kg/100 kg sem.	Bayer
		Gaucho FS	FS	IV	0,4 l/100 l água	Bayer
	terbufos	Counter 50 G	GR	I	40 kg	Basf
		Counter 150 G	GR	I	13 kg	Basf
	thiodicarb	Futur 300	SC	III	2,0 l/100 kg sem.	Aventis
		Semevin 350	SC	III	2,0 l/100 kg sem.	Aventis

Fonte: MAPA Agrofit.

O período de proteção das sementes e das plantas recém-emergidas proporcionado pelo tratamento de sementes dependerá da interação de vários fatores. Pode-se destacar os relacionados com a própria semente (tamanho, formato, textura, permeabilidade), com a natureza dos inseticidas (modo e espectro de ação, formulação, dose) e com as características do ambiente (pressão de infestação da praga, textura, temperatura e umidade do solo). Associado a esses fatores, também é importante levar em consideração a qualidade da aplicação, como o tipo de equipamento utilizado e a qualificação e capacitação do pessoal envolvido.

Dependendo da toxicidade do inseticida, o tratamento de sementes pode ser realizado na própria fazenda, ou deve ser realizado em Centros de Tratamentos de Sementes ou em revendas especializadas com máquinas apropriadas e com pessoal treinado. Nas fazendas, geralmente são utilizados tambores rotativos (Figura 28), construídos especificamente para essa finalidade. No entanto, independente do equipamento ou inseticida utilizado, todos os cuidados devem ser tomados para evitar possíveis contaminações ou intoxicações do operador.

Foto: Acervo Embrapa Milho e Sorgo



**Figura 28.** Tambor rotativo para tratamento de sementes.

No caso da semente de milho, a eficiência na distribuição da semente tratada no sulco de semeadura pode ser melhorada com a adição de grafite em pó. Isso se deve ao fato, que a semente tratada com inseticida apresenta uma alteração em sua forma original, muitas vezes trazendo como consequência maior dificuldade de escoamento dentro do compartimento da semeadora. Nesse caso, o uso de grafite melhora o escoamento das sementes tratadas, especialmente em sistemas de distribuição através de discos. Aos contrário, o excesso de grafite, colocado nos sistemas de dedos (garras), tem funcionado de maneira contrária. A quantidade recomendada de grafite varia de acordo com o tamanho da semente. Sementes maiores demandam uma maior quantidade. Em média, recomenda-se cerca de 2 a 4 gramas de grafite em pó por quilo de semente tratada.

Como recomendação final, sugere-se que as sementes tratadas não sejam armazenadas e que se faça a semeadura em poucos dias após o tratamento. Os inseticidas geralmente não afetam a germinação de sementes de alta qualidade. Entretanto, sementes de qualidade inferior, podem ter o vigor afetado e conseqüentemente reduzir o número de plantas na lavoura. Deve-se também, evitar que as sementes fiquem descobertas no sulco de plantio, pois são tóxicas para pássaros e outros animais.

## Seletividade de inseticidas

No passado a escolha de determinado inseticida para uso contra as pragas da agricultura era baseada na capacidade do produto químico de atuar rapidamente e sobre diferentes espécies de praga. Geralmente eram produtos de amplo espectro de ação, e, invariavelmente altamente tóxico. Por apresentarem custo relativamente baixo, tais produtos químicos eram considerados como um seguro para a produção de alimentos. Eram utilizados independente da necessidade. No entanto, com o passar dos anos foi fácil verificar os efeitos danosos dos produtos para a natureza como um todo. E,

especialmente em relação ao método de controle em si, começaram-se a aparecer raças resistentes de pragas e até mesmo novas pragas, anteriormente presentes, porém em nível populacional baixo em virtude da ação de diferentes agentes de controle natural. Atualmente, o conceito do controle químico tem mudado. Há uma preocupação crescente não só pela sociedade como um todo, mas também pelo próprio agricultor, com o uso indiscriminado de produtos químicos. Tem-se buscado inclusive pelas empresas produtoras de inseticidas, produtos que sejam menos danosos ao ambiente - tem-se portanto, buscado a seletividade dos produtos. Tal seletividade pode ser alcançada através do produto em si, por exemplo, produtos que atuem somente sobre determinados grupos ou sobre determinadas fases da fisiologia dos insetos (inseticidas fisiológicos). A seletividade também pode ser alcançada através de aplicações dirigidas. Por exemplo, a aplicação de inseticidas para o controle da lagartas no cartucho da planta de milho posicionando o bico de pulverização de modo a aplicar o produto somente na área desejada utilizando o trator é mais seletiva do que a aplicação via água de irrigação (que é uma aplicação em área total). De maneira semelhante, o tratamento de sementes é mais seletivo do que a pulverização, em função da formulação do produto e do modo de utilização. A seletividade também pode ser em relação a determinados inimigos naturais. Por algum mecanismo do inseto, ele pode não ser afetado drasticamente por determinado produto químico. Tais produtos devem ser preferidos em programas de manejo.

### Aplicação de Inseticidas via Água de Irrigação

Define-se como insetigação, a aplicação de inseticidas via água de irrigação. Na insetigação o sistema de irrigação por aspersão, tem sido o método mais utilizado para a aplicação dos inseticidas. A técnica iniciou-se na América do Norte na década de 60 visando o controle de pragas foliares com a utilização dos inseticidas azinphos methyl e carbaryl para o controle de insetos-praga na cultura do milho. No Brasil, a insetigação começou a ser utilizada na década de 80, havendo uma grande escassez de informações técnicas para as nossas condições. Atualmente, com a expansão de áreas agrícolas irrigadas, tem-se utilizado aplicações de inseticidas via irrigação por aspersão, muitas das vezes, sem se conhecer parâmetros técnicos necessários para se obter a melhor eficiência e redução de riscos oriundos de qualquer utilização de defensivos agrícola.

A insetigação tem sido utilizada com sucesso para o controle de diversas pragas e culturas, entretanto existem exemplos de insucessos, indicando que o método não se aplica para todas as condições. As doses dos inseticidas aplicados na insetigação são as mesmas utilizadas em pulverizações pelos utilizando-se os métodos convencionais (tratorizada ou costal). As primeiras avaliações de inseticidas na insetigação, basearam-se nos princípios ativos que apresentavam eficiência comprovada através de pulverização para o controle de determinada praga.

Vários parâmetros são relevantes para se obter uma boa eficiência na insetigação e evitar riscos, destacando-se as condições ambientais (velocidade do vento, umidade relativa, precipitação pluviométrica), tipo e umidade do solo, seleção de inseticidas (solubilidade em água, dose), volume, qualidade e velocidade do fluxo de água e compatibilidade de produtos. Na utilização da insetigação, deve-se precaver contra aplicações indiscriminadas de inseticidas, cuidados no manuseio de inseticidas que na maioria são inflamáveis, utilizar equipamentos de segurança adequados, evitar deriva e não entrar na área logo após ser tratada.

O emprego dessa técnica tem sido pesquisada na Embrapa Milho e Sorgo para o controle da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*, lagarta-da-espiga, *Helicoverpa zea*, lagarta elasmopalmus lignosellus e larva alfinete, *Diabrotica speciosa*. Os resultados indicam que essas pragas podem ser controladas empregando os inseticidas aplicados via água de irrigação por aspersão mostrados na Tabela 5.

**Tabela 5.** Inseticidas com melhores performance para o controle de insetos-pragas de milho aplicados via irrigação por aspersão. EMBRAPA/CNPMS.

Insetos-praga	Inseticida (i.a.)	Dose (i.a./ha)	Lâmina de água (mm)
Lagarta-do-cartucho	chlorpyrifos fenvalerate carbaryl diazinon lambda-cyhalothrin spinosad	288 200 1105 480 10 48	6 mm



Lagarta elasmô	chlorpyrifos	480	10 mm
Larva alfinete	chlorpyrifos imidacloprid	480 140	10 mm
Lagarta-da-espiga	cyfluthrin fenitrothion	15 750	10 mm

Fonte: Paulo Afonso Viana.

Os inseticidas mostrados na Tabela 5 podem ser aplicados utilizando equipamentos convencionais de irrigação (tipo lateral portátil) ou através de pivô. Para o equipamento convencional a calda inseticida pode ser injetada no sistema de irrigação através de bomba dosadora ou de um equipamento portátil de injeção desenvolvido na Embrapa Milho e Sorgo, denominado "vaquinha" (Figura 29). Para o pivô central, utiliza-se a bomba dosadora. Independentemente do método de injeção adotado, a qualidade dos resultados obtidos na aplicação depende do cálculo correto de variáveis como taxa de injeção, quantidade do inseticida a ser injetada, volume do tanque de injeção e dose do inseticida a ser aplicada na área irrigada.

Foto: Paulo Afonso Viana



**Figura 29.** Equipamento portátil de injeção desenvolvido na Embrapa Milho e Sorgo denominado "vaquinha".

Desde o início de sua utilização, a inseticidação, tem adaptado tecnologias existentes, tanto na parte de equipamentos ou dos químicos a serem aplicados. No futuro, novas formulações de inseticidas deverão ser desenvolvidas para essa modalidade de aplicação, visando obter maior eficiência no controle das pragas. Pesquisas deverão ser conduzidas objetivando reduzir a quantidade de inseticidas aplicados nas lavouras, com reflexos diretos nos custos de produção e de contaminação ambiental. A indústria deverá desenvolver equipamentos para alta eficiência tanto para irrigação como para aplicação de produtos químicos. Melhorias de eficiência de controle de pragas poderá também ser obtida com novos aspersores, tanques e depósitos para a mistura da calda inseticida, microprocessador controlando irrigação e injeção.

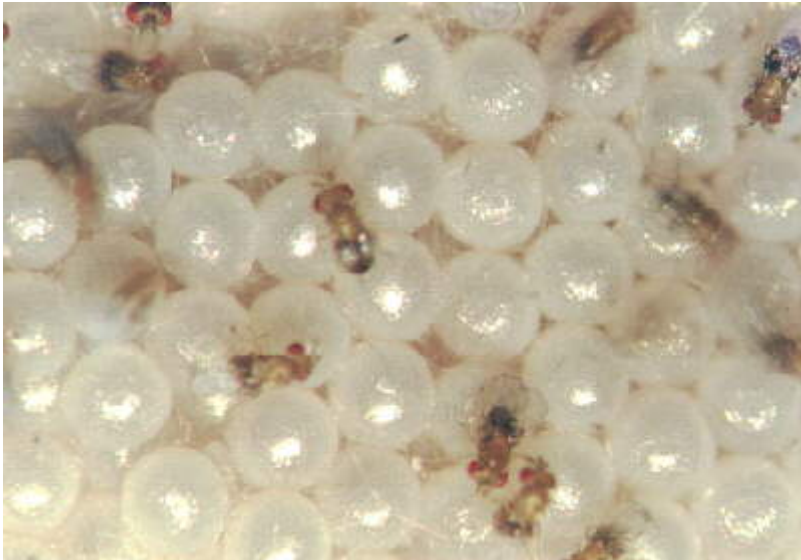
## Controle Biológico: papel dos inimigos naturais no controle das pragas

Em função da importância de insetos-praga da ordem Lepidoptera (mariposas, especialmente) como pragas da cultura do milho no Brasil e também em relação ao aparecimento de populações resistentes aos inseticidas, como é o caso da lagarta-do-cartucho, as pesquisas com controle biológico têm aumentado no país. Deve-se considerar que, em certas circunstâncias, os inimigos naturais podem diminuir consideravelmente a população da praga no campo.

São importantes inimigos naturais das principais pragas do milho quatro espécies de vespas (chamados parasitoides, ou seja, insetos cujas larvas se desenvolvem dentro dos ovos ou das lagartas da praga) e, talvez, o mais importante, e facilmente percebido no campo, a chamada "tesourinha", presente no cartucho da planta ou na espiga. Todos esses inimigos naturais atuam nas primeiras fases de desenvolvimento da praga, e, portanto, evitando danos significativos à planta.

Dos parasitoides dois atuam exclusivamente sobre os ovos da praga, impedindo a eclosão da larva: *Trichogramma* spp. (Figura 30) e *Telenomus remus* (Figura 31). São insetos facilmente criados no laboratório, a um custo inferior ao do produto químico padrão. Esses inimigos naturais já estão sendo liberados em áreas comerciais, em diferentes regiões do Brasil, com sucesso. O ciclo total dessas vespas varia entre 10 e 12 dias.

Foto: Ivan Cruz



**Figura 30.** *Trichogramma* spp.

Foto: Ivan Cruz



**Figura 31.** *Telenomus remus*.

A vespa *Chelonus insularis* (Figura 32) é de ocorrência comum no Brasil. A fêmea coloca seus ovos no interior dos ovos da praga, permitindo no entanto a eclosão das larvas. A larva parasitada não provoca danos significativos ao milho. O ciclo biológico total do parasitoide é de 28 dias, distribuídos em período de incubação de 1,8 dias, período larval de 20,4 dias e período pupal de 6,2 dias. A larva parasitada sai precocemente do cartucho, dirigindo-se para o solo, onde constrói uma câmara. Após a construção desta câmara a larva do parasitoide perfura o abdômen da lagarta-do-cartucho e dentro da câmara, constrói seu casulo e transforma-se em pupa.

Foto: Ivan Cruz



**Figura 32.** *Vespa Chelonus insularis*.

*Campoletis flavicincta* (Figura 33) é uma outra vespa medindo cerca de 7 mm de comprimento, que coloca seus ovos no interior do corpo de lagartas de *S. frugiperda* recém-nascidas. Uma só fêmea pode parasitar mais de 200 lagartas. O ciclo biológico completo do inseto é de 16,5 dias. Dentro da lagarta-do-cartucho o parasitoide passa cerca de 9,6 dias. A larva parasitada reduz significativamente o alimento ingerido. Próximo à saída da larva do parasitoide, o inseto parasitado sai do cartucho da planta e dirige-se para as folhas mais altas da planta. Neste local fica praticamente imóvel até ser morto pelo parasitoide que perfura seu abdômen.

Foto: Ivan Cruz



**Figura 33.** *Campoletis flavicincta*.

A tesourinha *Doru luteipes* (Figura 34) tem presença constante na cultura de milho. Tanto os imaturos quanto os adultos alimentam-se de ovos e de lagartas pequenas da praga. Um adulto do predador pode consumir cerca de 21 larvas pequenas por dia. Os ovos da tesourinha são colocados dentro do cartucho da planta, sendo que uma postura possui em média, 27 ovos. O período de incubação dura cerca de sete dias. As ninfas, a semelhança dos adultos são também predadoras. A fase ninfal dura em torno de 40 dias. Os adultos podem viver quase um ano. A presença do predador em até 70% das plantas de milho é suficiente para manter a praga sob controle.

Foto: Ivan Cruz



**Figura 34.** Tesourinha *Doru luteipes*.

Existem vários outros inimigos naturais da lagarta-do-cartucho que de certa forma contribuem para diminuir a população da praga na cultura do milho. No entanto, os mencionados aqui já são criados em laboratório e apresentam com grande potencial para serem utilizados em liberações inundativas ou inoculativas.

A conscientização de que os inimigos naturais podem ser aliados importantes no manejo de pragas tem forçado a busca de inseticidas e/ou aplicações mais seletivas. No caso específico da cultura de milho, o predador *Doru luteipes* por sua importância no controle biológico da praga, além de todas as suas formas biológicas estarem intimamente ligadas ao cartucho da planta, é o mais sujeito a ação dos produtos químicos. Por essa razão, tem-se avaliado o impacto dos diferentes produtos químicos sobre suas fases. Sabe-se que os adultos são mais tolerantes a vários produtos, especialmente biológicos e fisiológicos. No entanto ovos e formas imaturas são bem mais sensíveis. A sensibilidade desse e de outros inimigos naturais bem como os critérios para a escolha de um produto químico para uso no manejo integrado de *S. frugiperda* em milho, foram abordados por Cruz (1997).

## **Manejo Integrado de Pragas em lavouras plantadas com milho geneticamente modificado com gene bt (Milho Bt)**

As plantas transgênicas com atividade inseticida representam uma alternativa de controle de pragas visando a minimizar os danos causados por inseto-praga em lavouras de milho. O milho transgênico com atividade inseticida conhecido como milho Bt, foi transformado e incorporando uma toxina isolada da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt). Essa bactéria produz uma toxina (inseticida) específica para larvas de alguns insetos. A toxicidade dessas proteínas tem alta especificidade para cada grupo de inseto. O Bt, como bactéria, vem sendo utilizado desde 1920 como bioinseticida na França e, hoje, é utilizado em vários países sem causar problemas aos produtores, aos consumidores ou ao ambiente.

No caso do milho Bt, disponível comercialmente hoje no Brasil, utilizaram-se toxinas com maior especificidade para os lepidópteros-praga (lagartas). Estão disponíveis para comercialização eventos que expressam diferentes proteínas (Tabela 6). No registro das empresas, as pragas-alvo incluem três espécies: a lagarta-do-cartucho do milho (LCM), *Spodoptera frugiperda*; a lagarta-da-espiga do milho (LEM), *Helicoverpa zea*; e a broca da cana-de-açúcar (BCA), *Diatraea saccharalis*. Entretanto, há dados na literatura indicando também a atividade dessas toxinas sobre a lagarta-elasma (LEL), *Elasmopalpus lignosellus*.

**Tabela 6.** Eventos de milho geneticamente modificados que expressam proteínas inseticidas de *B. thuringiensis* liberadas para cultivo no Brasil, disponíveis para comercialização na safra 2012/2013

2007	MON 810	Yieldgard ®	Cry1Ab	S.frugiperda, D.saccharalis e H.zea
2008	Bt11	Agrisure TL ®	Cry1Ab	S.frugiperda, D.saccharalis e H.zea
	TC 1507	Herculex ®	Cry1F	S.frugiperda, D.saccharalis e H.zea
2009	MON 89034	Yieldgard ®	Cry1A.105/Cry2Ab2	S.frugiperda, D.saccharalis e H.zea
	MIR 162	Agrisure Viptera ®	Vip3Aa20	S.frugiperda, D.saccharalis e H.zea
2010	Bt11 X MIR 162	Agrisure Viptera	Cry1Ab/VIP3Aa20	S.frugiperda, D.saccharalis e H.zea
	MON 89034 + TC1507	Power Core ® PW	Cry1A.105/Cry2Ab2/Cry1F	S.frugiperda, D.saccharalis e H.zea
2011	TC 1507 x MON 810	Hx YG	Cry1Ab/Cry1F	S.frugiperda, D.saccharalis e H.zea

Recomendação de refúgio de acordo com empresa detentora do evento.

Adaptado de CTNBIO, 2012; Omoto et al 2012, Mapa 2012.

As proteínas do Bt apresentam alta especificidade, sendo que mesmo dentro do grupo de insetos a atividade de cada proteína é diferenciada. A eficiência para algumas das espécies-alvo é bastante alta e pode dispensar totalmente a aplicação de defensivos. Entretanto, para os dados indicam variação na proteção oferecida às plantas, portanto, dependendo do híbrido, do evento GM e da intensidade de infestação, pode ser necessário controle complementar de acordo com [Tabela 1](#) (Inseticidas registrados para o controle de insetos-praga na cultura do milho – Setembro/2012). Esta estratégia pode ser, inclusive, útil para o manejo da resistência, pois o controle dos sobreviventes no milho Bt com certeza contribuirá para a redução da seleção de raças resistentes. É importante lembrar que, para a proteína do Bt se tornar ativa, ela precisa ser ingerida pelo inseto; assim, o produtor certamente irá se deparar com algum sintoma de dano nas folhas do milho como, folhas raspadas (Figura 35).

## Recomendações

Para a utilização do milho Bt, basta o produtor cumprir duas regras: a de coexistência, exigida por lei; e a regra do Manejo da Resistência de Inseto (MRI), recomendada pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio).

**Coexistência** - A regra exige o uso de uma bordadura de 100m isolando as lavouras de milho transgênico das de milho que se deseja manter sem contaminação de transgênico. Alternativamente, pode-se usar uma bordadura de 20m, desde que sejam semeadas 10 fileiras de milho não-transgênico (igual porte e ciclo do milho transgênico), isolando a área de milho transgênico.

**Área de refúgio** - A recomendação da CTNBio para o MRI é a utilização de área de refúgio. Esta recomendação é o resultado do consenso de que o cultivo do milho Bt em grandes áreas resultará na seleção de biótipos das pragas-alvo resistentes às toxinas do Bt.

Obviamente, o monitoramento da infestação das plantas também é importante, pois, dependendo do híbrido utilizado e da intensidade da infestação, o produtor pode precisar adotar medidas de controle complementares. No Brasil, a área de refúgio é a semeadura de milho não Bt, utilizando híbridos de igual porte e ciclo, de preferência o seu similar Bt, em cinco ou dez por cento à área cultivada com milho Bt, dependendo da recomendação da empresa detentora do evento. A área de refúgio não deve estar a mais de 800m de distância das plantas transgênicas. Esta é a distância máxima verificada pela dispersão dos adultos da LCM no campo. Todas as recomendações são no sentido de sincronizar os cruzamentos dos possíveis adultos sobreviventes na área de milho Bt com suscetíveis emergidos na área de refúgio. O refúgio estruturado deve ser desenhado de acordo com área cultivada com o milho Bt (Figura 36). Para glebas com dimensões acima de 800m cultivadas com milho Bt, serão necessárias faixas de refúgio internas nas respectivas glebas. Ainda segundo a recomendação da CTNBio, na área de refúgio é permitida a utilização de outros métodos de controle, desde que não sejam utilizados bioinseticidas à base de Bt.

## Responsabilidade de execução da área de refúgio e riscos da não adoção

Nas embalagens de sementes de milho Bt, há um contrato através do qual o produtor, ao abri-las, assume a responsabilidade de seguir as normas de coexistência e as de manejo da resistência. Portanto, cabe ao produtor a responsabilidade do uso dessas regras. O principal risco do não uso da área de refúgio está na rápida seleção de raças das pragas-alvo resistentes às toxinas do Bt. Assim, o produtor que não utilizar a prática do manejo da resistência será, sem dúvida, a primeira vítima da quebra da resistência, não obtendo controle das pragas-alvo com os híbridos de milho Bt.

## Seletividade a organismos não alvo e a inimigos naturais

A especificidade das toxinas do Bt resulta em alta seletividade na sua atividade, agindo apenas nas espécies-alvo. Assim, afeta menos a comunidade dos insetos que utilizam o milho como hospedeiro que a utilização de inseticidas convencionalmente utilizados, por exemplo. Essa seletividade inclui também a comunidade de inimigos naturais, abelhas e outros insetos como pulgões e tripses. Dados mostram que essas toxinas, nas formulações de inseticidas à base de Bt empregadas na agricultura, têm sido consideradas relativamente não tóxicas para abelhas, existindo inclusive uma formulação comercial para controle de traça-da-cera em favos de mel. Para predadores, como alguns percevejos e joaninhas, as pesquisas realizadas até o momento indicam ausência de efeito negativo sobre esses insetos.

Fonte: Simone M. Mendes



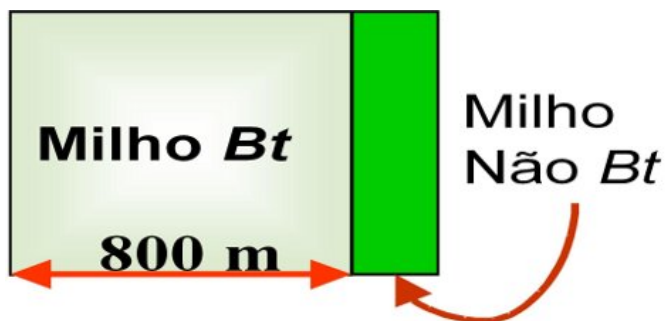


**Figura 35.** Milho Bt (A) e o similar não Bt (B).

## Estrutura de Área de Refúgio

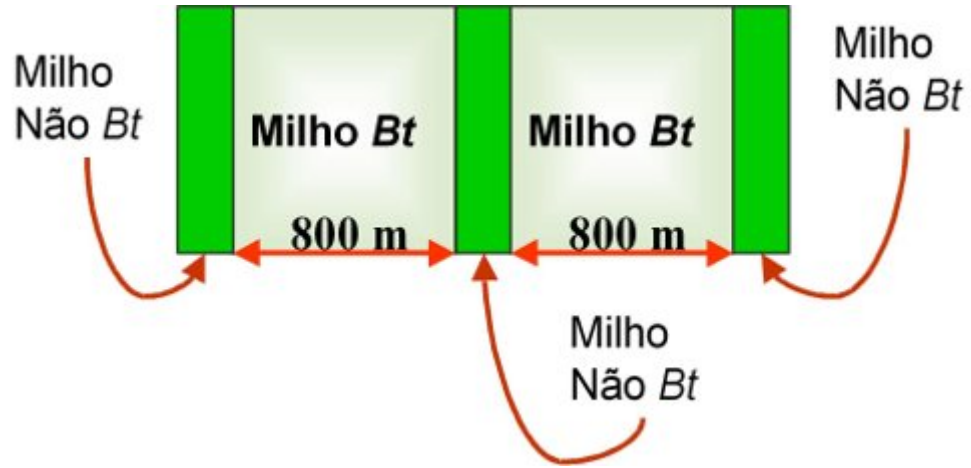
1) As plantas de milho não Bt da área de refúgio devem estar no máximo a 800m de distância das plantas.

Fonte: Simone M. Mendes

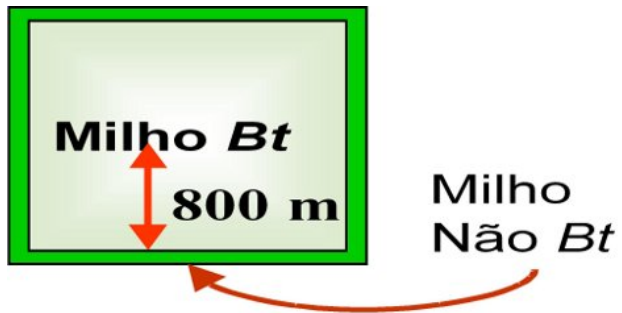


2) Para obedecer a essa regra, o plantio pode ser feito no perímetro da lavoura ou em faixas, dentro da área de cultivo.

Fonte: Simone M. Mendes



Fonte: Simone M. Mendes



3) Em área de pivô central, o refúgio pode ser feito em faixas ou em parte da área.

Fonte: Simone M. Mendes

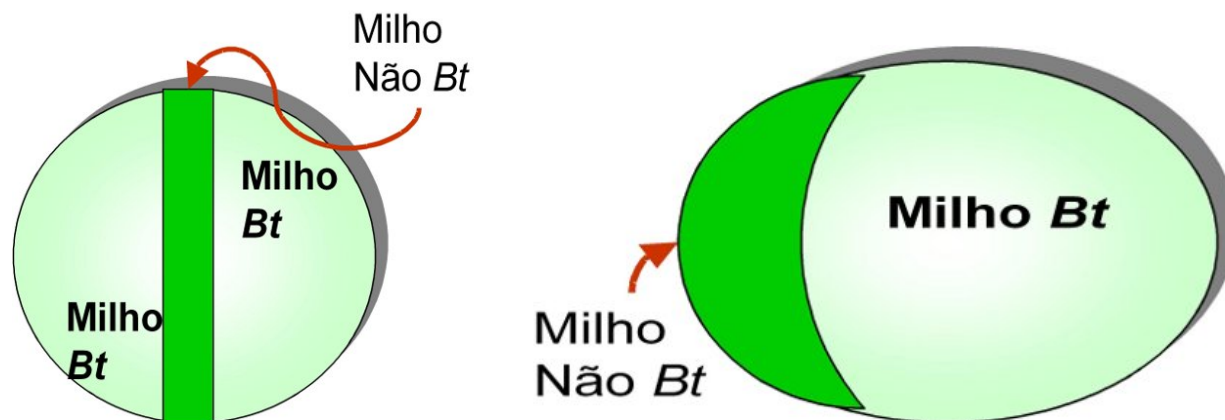


Figura 36. Opções de formas da área de refúgio.

**Autores deste tópico:** Ivan Cruz, José Magid Waquil, Paulo Afonso Viana, Simone Martins Mendes

## Colheita e pós-colheita

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, o armazenamento prolongado só pode ser realizado quando se adotam corretamente as práticas de colheita, limpeza, secagem, combate a insetos e prevenção de fungos.

O agricultor deve integrar a colheita ao sistema de produção e planejar todas as fases, para que o grão colhido apresente bom padrão de qualidade. Nesse sentido, várias etapas, como a implantação da cultura, até o transporte, secagem e armazenagem dos grãos têm de estar diretamente relacionadas.

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. Nesse aspecto cuidados especiais devem ser tomados na [secagem e armazenagem](#).

São várias as [pragas de grãos armazenados](#) 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.

## Colheita

O agricultor deve integrar a colheita ao sistema de produção e planejar todas as fases, para que o grão colhido apresente bom padrão de qualidade. Nesse sentido, várias etapas, como a implantação da cultura, até o transporte, secagem e armazenamento dos grãos têm de estar diretamente relacionadas.

um melhor escoamento da safra depois de colhida, alguns aspectos devem ser levados em consideração desde o planejamento de instalação. Num sistema de produção em que, por exemplo, o milho vai começar a ser colhido com o teor de umidade superior a 13%, alguns pontos decisivos devem ser destacados:

- área total plantada e data de plantio de cada gleba;
- produtividade de cada gleba;
- número de dias disponíveis para a colheita;
- número de colhedoras;
- distância entre os silos e as glebas;
- número de carretas graneleiras;
- velocidade da colheita;número de horas de colheita/dia;
- teor de umidade do grão;
- capacidade do secador;
- capacidade do silo de armazenamento.

O milho está pronto para ser colhido a partir da maturação fisiológica do grão, o que acontece no momento em que 50% das sementes na espiga apresentam uma pequena mancha preta no ponto de inserção das mesmas com o sabugo. Todavia, se não houver a necessidade de antecipação da colheita, esta deve ser iniciada quando o teor de umidade estiver na faixa entre 18-20%. Para tal, o produtor deve levar em consideração a necessidade e disponibilidade de secagem, o risco de deterioração, o gasto de energia na secagem o preço do milho na época da colheita.

## Planejamento da colheita

Para melhorar o rendimento, as áreas devem ser divididas com carregadores, de forma a facilitar a movimentação da colhedora e o escoamento da colheita pelas carretas ou caminhões.

Diferença de produtividade das glebas, assim como desuniformidade nas condições da cultura no campo, também podem alterar a capacidade efetiva de utilização da colhedora, isto é, a quantidade de milho colhida em determinada área, por unidade de tempo.

A fim de obter uma boa colheita, devem ser considerados também os seguintes itens:

- a regulagem do espaçamento entre cilindro e côncavo;

- a velocidade de rotação do cilindro;
- o teor de umidade do grão;
- a qualidade do grão e as perdas.

O conjunto formado pelo cilindro e o côncavo constitui-se no que pode ser chamado de "coração" do sistema de colheita, e exige muita atenção na hora da regulagem. O cilindro adequado para a debulha do milho é o de barras, e a distância entre este e o côncavo é regulada de acordo com o diâmetro médio das espigas. A distância deve ser tal que a espiga seja debulhada sem ser quebrada e o sabugo saia inteiro ou, no máximo, quebrado em grandes pedaços.

Outro ponto fundamental diz respeito à relação entre a rotação do cilindro e o teor de umidade. A rotação do cilindro debulhador é regulada conforme o teor de umidade dos grãos, ou seja, quanto mais úmidos, maior será a dificuldade de debulhá-los, exigindo maior rotação do cilindro batedor. À medida que os grãos vão perdendo umidade, eles se tornam mais quebradiços e mais fáceis de serem destacados, sendo necessário reduzir a rotação do debulhador.

A regulagem de rotação do cilindro e a abertura entre o cilindro e o côncavo é uma decisão entre a opção de perda e grãos quebrados, sem nunca ter os dois fatores 100% satisfatórios. Por exemplo, em caso de sementes, pode-se optar por uma perda maior, com menos grãos quebrados.

Pesquisas realizadas na Embrapa Milho e Sorgo, com uma colhedora automotriz, confirmam que, em teores de umidade mais altos (22-24%), há uma maior dificuldade para se destacar a semente do sabugo, sendo recomendado colher com rotações na faixa entre 600 e 700 rpm. À medida que os grãos vão secando no campo, as rotações mais baixas são recomendadas, pela facilidade de debulhar, além de reduzir risco de danificação mecânica na semente.

No caso da colhedora de cilindro helicoidal, acoplada ao trator, verificou-se que a debulha foi mais eficiente, tendo-se conseguido retirar praticamente todos os grãos dos sabugos, apesar de o mecanismo debulhador não ter regulagem para variação de rotação.

Durante a regulagem do sistema de debulha, devem ser verificadas algumas partes da colhedora como: tanque granelero, para ver se há grãos quebrados; elevador da retilha, para saber se há muito material voltando para o sistema de debulha; e saída da máquina, a fim de verificar se está saindo grão preso ao sabugo e se o sabugo está sendo muito quebrado.

## Qualidade dos grãos

No final da década de 70, a Embrapa realizou uma avaliação dos danos mecânicos em grãos de milho durante a colheita. O método utilizado aliava inspeção visual à determinação de um índice de danos, baseado na avaliação do poder germinativo de sementes com diferentes categorias de danos. Os resultados mostraram que, em todas as situações, o índice de danos é menor quando os grãos foram colhidos em rotações mais baixas e teores de umidade inferiores a 16%.

Verificou-se, também, que a quantidade de grãos com danificação muito severa (grãos quebrados com mais da metade faltando) não foi afetada pela rotação do cilindro na faixa de 400 a 700 rpm, para a automotriz, e na faixa de 850 a 980 rpm, para a colhedora acoplada ao trator. Entretanto, a

danificação dessa categoria aumentou à medida que o teor de umidade aumentava de 12 a 14%, (dano de 2 a 3%) para 20 a 24% (dano de 6 a 8%), tendo sido maior também na colheita pela máquina acoplada ao trator.

A quantidade de grãos com danos considerados grandes (trincas no embrião, menos da metade do grão faltando) não foi afetada pela rotação do cilindro (550 a 700 rpm) quando o teor de umidade estava alto, começando a ser afetada pela rotação (400 a 550 rpm) nas faixas mais baixas de umidade.

Grãos com danos aparentemente menos severos apareceram em maior quantidade em todos os casos, em teores de umidade mais baixos, mesmo tendo-se usado rotações de cilindro mais baixas. Os resultados mostram que, para rotações do cilindro debulhador entre 400 e 550 rpm e grãos com umidade entre 14% e 20%, o percentual de danos foi em torno de 25%, considerando a colhedora automotriz. Já no caso da colhedora acoplada ao trator, mais de 50% dos grãos apresentaram esse tipo de dano em todas as situações.

## Perdas

A velocidade de trabalho recomendada para uma colhedora é determinada em função da produtividade da cultura do milho, por causa da capacidade admissível de manusear toda a massa que é colhida junto com o grão. A faixa de velocidade de trabalho varia de 4 a 6 km/h, mas em colheita, o trabalho é medido em toneladas/hora. Portanto, ao tomar a decisão de aumentar ou diminuir a velocidade, não se deve preocupar com a capacidade de trabalho da colhedora em hectares/hora, mas verificar se os níveis toleráveis de perdas de 1,5 sacos/ha para o milho estão sendo obtidos.

### Existem quatro tipos de perdas:

**Pré-colheita** - O primeiro tipo de perda ocorre no campo sem nenhuma intervenção da máquina de colheita e deve ser avaliada antes de iniciar a colheita mecânica. Essa avaliação, tem, também, o objetivo de saber se uma cultivar apresenta ou não problemas de quebramento excessivo de colmo, se é adaptada ou não para colheita mecânica.

**Plataforma** - As perdas de espigas na plataforma são as que causam maior preocupação, uma vez que apresentam efeito significativo sobre a perda total. Podem ter sua origem na regulagem da máquina de colheita, mas, de maneira geral, estão relacionadas com: a adaptabilidade da cultivar à colhedora (uniformidade da altura da inserção de espiga, altura de inserção de espiga, porcentagem de acamamento de plantas, porcentagem de quebramento de plantas); o número de linhas das semeadoras, que deverá ser igual ou múltiplo do número de bocas da plataforma de colheita, e parâmetros inerentes à máquina de colheita (velocidade de deslocamento, altura da plataforma, regulagem das chapas de bloqueio da espiga e regulagem do espaçamento entre bocas).

**Grão soltos** - As perdas de grãos soltos (rolo espigador e de separação) e de grãos no sabugo estão relacionadas com a regulagem da máquina. O rolo espigador, geralmente no final da linha, recebe um fluxo menor de plantas e, com isso, debulha um pouco a espiga, ou então a chapa de bloqueio está um pouco aberta e/ou com espigas menores que o padrão, entrando em contato com o rolo espigador. As perdas por separação são ocasionadas quando ocorre sobrecarga no saca-palha, peneiras superior ou inferior um pouco fechadas, ventilador com rotação excessiva, sujeira nas peneiras.

**Grãos nos sabugos** - Esse tipo de perda ocorre em função da regulagem do cilindro e côncavo e apresenta, como possíveis causas, a quebra do sabugo antes da debulha, grande folga entre cilindro e côncavo, velocidade elevada de avanço, baixa velocidade do cilindro debulhador, barras do cilindro tortas ou avariadas, côncavo torto e existência de muito espaço entre as barras do côncavo.

Nos teores de umidade mais altos, testes indicaram que a perda de grãos no sabugo foi o que mais contribuiu para o aumento da perda total. Por isso, rotações mais altas (600 a 800 rpm) são mais indicadas.

Nos teores de umidade mais baixos, a perda de espigas, após a colheita, foi a maior responsável pelas perdas totais, e a rotação mais indicada está na faixa de 400 a 600 rpm.

A secagem natural do milho no campo traz benefícios no sentido de economizar energia na secagem artificial, mas, à medida que o milho seca, diminui a concorrência com as plantas daninhas, aumentando a incidências destas. Este fato traz inúmeros problemas para a operação de colheita mecânica, como, por exemplo, o embuchamento das colhedoras com plantas daninhas, impedindo que as máquinas tenham bom desempenho.

### Exemplo de cálculo para uso da colhedora

Considerando-se uma colhedora trabalhando a uma velocidade de 5 km/h e com plataforma de quatro bocas, espaçadas 90 cm entre si, em um campo cuja produtividade é de 6.000 kg/ha, a capacidade teórica de colheita é:

$$\text{Capacidade teórica} = \frac{(5000 \text{ m/h} \times 3,6 \text{ m})}{1,000 \text{ m}^2/\text{ha}} = 1,8 \text{ ha/h}$$

Se no período de uma hora foram colhidos 1,42 ha de milho, a eficiência de campo é igual a:

$$\text{Eficiência de campo} = \frac{1,42 \times 100}{1,8} = 80\%$$

No caso de colheita mecânica, são aceitáveis valores médios de eficiência de campo entre 70% e 80% ou, em outras palavras, 20% a 30% do tempo perdido em manobras, desembuchamento, consertos, entre outros.

Considerando que as áreas a serem colhidas, de modo geral, apresentam produtividades (t/ha) desuniformes, é importante relacionar a capacidade efetiva de trabalho em colheita em t/h.

### Cálculo de Capacidade Efetiva de Trabalho (CET)

Se, por exemplo, uma determinada colhedora automotriz estiver trabalhando em dois locais diferentes, campos A e B, com produtividades de 7 t/ha e 3 t/ha, respectivamente, e eficiência de campo de 80%, o tempo necessário para colher o campo B poderá ser menor, mas a quantidade colhida, por

tempo, é maior em A. Justifica-se, assim, a redução da velocidade de colheita, para evitar embuchamento. Pode-se, então, fazer o seguinte cálculo de Capacidade Efetiva de Trabalho (CET):

#### **Campo A: velocidade 3 km/h**

$$\text{CET} = \frac{(3.000 \text{ m/h} \times 3,6 \text{ m} \times 0,8 \times 7.000 \text{ kg/ha})}{10.000 \text{ m}^2/\text{ha}} = 6.048 \text{ kg/h}$$

#### **Campo B: Velocidade 5 km/h**

$$\text{CET} = \frac{(5.000 \text{ m/h} \times 3,6 \text{ m} \times 0,8 \times 3.000 \text{ kg/ha})}{10.000 \text{ m}^2/\text{ha}} = 4.320 \text{ kg/h}$$

Para estimar esta velocidade, com colhedoras que não possuem medidores de velocidade (velocímetro), procede-se da seguinte maneira:

Conta-se o número de passos largos (cerca de 90 cm/passos) tomados em 20 segundos, caminhando na mesma velocidade e ao lado da colhedora;

Multiplica-se este número de passos por um fator 0,16 para obter a velocidade em km/h.

$$\text{Velocidade da Colhedora, km/h} = n^\circ \text{ de passos}/20 \text{ segundos} \times 0,16$$

## **Secagem e Armazenamento**

### **Introdução**

Apesar de o milho ser um dos principais produtos da agricultura nacional, tendo papel importante na alimentação humana e de animais, ainda são registradas grandes perdas durante o armazenamento, devido a insetos, fungos e roedores. Os cuidados no armazenamento do milho objetivam manter a qualidade do produto colhido durante todo período que for armazenado.

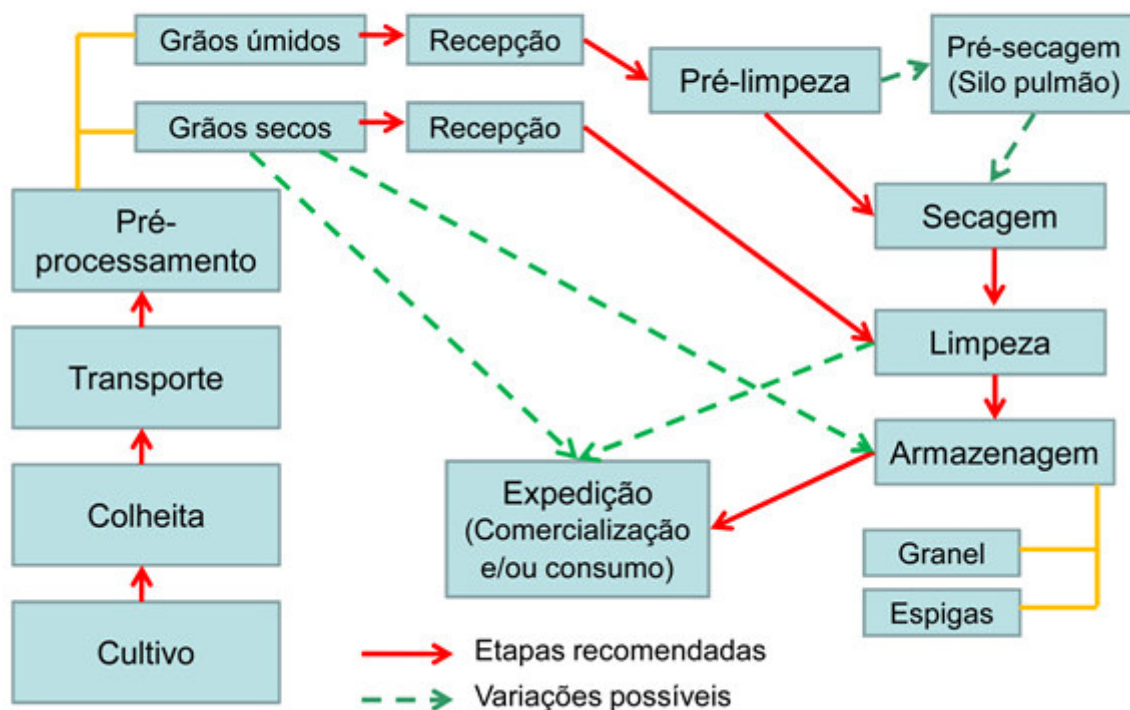
Após o cultivo e colheita, inicia-se a fase de pré-processamento do produto colhido. Nesta etapa o milho pode estar úmido (com conteúdo de água acima de 20%) ou seco (com conteúdo de água próximo a 13-14%). Realizada a recepção do produto na unidade armazenadora, o produto úmido deverá seguir para as operações de pré-limpeza, secagem e limpeza. Posteriormente à secagem e à limpeza, o produto poderá ser armazenado ou diretamente



destinado à indústria, consumo ou produção de ração. O produto seco, que sofreu processo de secagem em campo, poderá ser encaminhado para a limpeza e em seguida armazenado. Em algumas ocasiões, quando não houver disponibilidade de secadores ou quando o consumo dos grãos for imediato, o produto colhido seco pode ser encaminhado para o armazenamento. Contudo, o processo de limpeza dos grãos antes do armazenamento é prática agrícola recomendada para assegurar a qualidade do produto durante o armazenamento (Figura 1). O grão colhido seco e conduzido diretamente ao armazenamento deve ser monitorado quanto à infestação por insetos-praga. Caso exista infestação proveniente do campo, este produto deve ser submetido a tratamento curativo (expurgo) com fosfina (vide [Pragas de grãos armazenados](#)) (DALPASQUALE, 2002; SILVA, 2008; WEBER, 1995, 2005).

**Crédito:** Marco Aurélio Guerra Pimentel

### Etapas de produção e pré-processamento



**Figura 1.** Fluxograma apresentando as etapas de produção e pré-processamento de milho.

O tipo de armazenamento ideal é função da necessidade de armazenar grão ou espiga de milho. Além disso, o nível tecnológico do armazenamento será estabelecido de acordo com o volume a ser armazenado e a disponibilidade de recursos para a construção e para os equipamentos que constituirão a unidade armazenadora.

Caso se queira armazenar grãos, estes podem ser armazenados a granel, em silos (metálicos, de alvenaria ou concreto), em armazéns convencionais (sacarias), em armazéns graneleiros e em sistemas de armazenagem temporária, como silo bolsa. As unidades armazenadoras para recebimento de grãos a granel devem apresentar projetos adequados, estrutura e gerenciamento para atender às etapas de recepção, limpeza, secagem, armazenagem e expedição. Assim, estas unidades armazenadoras devem possuir máquinas de pré-limpeza, máquinas de limpeza, secadores, transportadores de grãos (correias transportadoras, elevadores, redlers e transportadores helicoidais ou pneumáticos), moegas, silos intermediários (silos-pulmão e silos para seca-aeração), silos e/ou graneleiros para armazenagem e setor de expedição.

Caso se queira armazenar espigas, estas podem ser armazenadas em paiol ou ensacadas em armazém convencional. Atualmente, o armazenamento do milho a granel é a forma predominante de armazenagem e a mais recomendada. Contudo, como o milho é amplamente cultivado em pequenas propriedades familiares, que geralmente apresentam baixos níveis tecnológicos e de investimento, que armazenam o milho em espigas em estruturas improvisadas ou em paióis, como se pode observar em diversas regiões do país.

## Fatores pré-colheita que afetam a qualidade do milho

A qualidade do milho armazenado, bem como as perdas na colheita e pós-colheita, depende de fatores como cultivar, época de colheita, região de cultivo e da regulagem das máquinas colheitadeiras. Todos estes fatores e suas interações conferem características próprias ao milho e que irão determinar as respostas do produto ao manejo pós-colheita e sua qualidade final. Estima-se em 3% o percentual de perdas que ocorrem no milho produzido no Cerrado, abaixo da média nacional (4%), devido às condições climáticas que ocorrem na região de abrangência do bioma Cerrado (SILVA et al., 2000).

## Cultivar

As cultivares disponíveis para os agricultores se destinam a suprir necessidades como: adaptabilidade a características de solo e clima, ciclo, tipo e cor de grão, resistência a doenças, adequação a colheita mecanizada ou composição nutricional. Desta forma, as diferenças entre as características dos produtos colhidos, refletidos em sua composição química, na resistência a danos mecânicos e ao ataque de pragas e fungos, influenciam a qualidade final do milho armazenado. Atualmente, a maioria das cultivares comercializadas são decumbentes, ou seja, aquelas cujas espigas se curvam para baixo quando ocorre a maturação fisiológica (32% de umidade) favorecem a qualidade pós-colheita devido a dificuldade de penetração de água de chuva, dentro da espiga, ainda no campo. A infestação por insetos e fungos também será dificultada quando da adoção e uso de cultivares que apresentam grãos duros ou semiduros e com bom empalhamento das espigas. Estas características favorecem a qualidade dos grãos durante o armazenamento. O bom empalhamento permite boa cobertura da ponta da espiga, evitando danos por insetos e por fungos que propiciam a ocorrência de grãos ardidos. Estas características, assim como aspectos relacionados à sanidade das cultivares, são informações fornecidas pelos produtores de sementes, que estão à disposição dos agricultores (PINTO, 2007; COSTA et al., 2010). Além das informações fornecidas pelos fabricantes de sementes, maiores informações sobre recomendação de cultivares de milho para a resistência a grãos ardidos podem ser obtidas nas publicações disponibilizadas na página da Embrapa Milho e Sorgo, sobre [Reação de Cultivares com Relação à Produção de Grãos Ardidos em Milho](#) e [Recomendação de Cultivares de Milho para a Resistência a Grãos Ardidos](#)

## Secagem natural no campo

A secagem natural do grão de milho na planta ainda é um método corriqueiro em muitas propriedades brasileiras. A manutenção da planta de milho por tempo excessivo no campo deve ser evitada, o atraso em demasia da colheita pode prejudicar a qualidade dos grãos, expô-los a condições adversas de clima, a insetos e fungos, favorecer a germinação de grãos na espiga, favorecer o acamamento, quebra de plantas e gerar maior susceptibilidade ao trincamento na trilhagem. Quando o produtor optar pela secagem do milho na lavoura até 13-14% de umidade, a qualidade do produto dependerá das condições do ambiente durante este período.

## Condições climáticas

As condições climáticas na época de produção e da colheita afetam a qualidade final do milho. Caso as condições climáticas não difiram daquelas para a qual a cultivar foi desenvolvida, a tendência é de que a qualidade física e sanitária do milho correspondam às expectativas baseadas nos testes de produção a que foi submetido. Caso a umidade seja maior que a prevista, pode ocorrer maior incidência de doenças e, possivelmente, grãos ardidos. Na região do Cerrado, em geral não chove na época da colheita, favorecendo a qualidade pós-colheita do milho. Em épocas e regiões mais úmidas, ou em regiões e épocas que a colheita coincide com período chuvoso, pode ocorrer maior incidência de grãos ardidos, que são causados principalmente pelos fungos presentes no campo. O produtor também deverá observar a época correta para semeadura, conforme zoneamento agrícola da região, para garantir a produção e evitar problemas na época da colheita (SANS; GUIMARÃES, 2010). Mais informações sobre o zoneamento agrícola para a cultura do milho podem ser obtidas na Embrapa Milho e Sorgo.

## Ponto de colheita

O ponto de colheita se refere às características relacionadas ao momento ótimo para se colher o milho, de acordo com o tipo de armazenamento disponível ou finalidade a que se destina. O milho-doce, por exemplo, é colhido com 72 a 75% de umidade, de 20 a 28 dias após o florescimento. Já o milho pipoca é colhido com 20% de umidade, quando se utiliza secagem artificial, após a colheita ou com 13% a 15%, quando se utiliza secagem natural. Outro caso, que será discutido com mais detalhes, é o caso do grão de milho que será seco em silo cheio, devendo ter, no máximo, 20% de umidade, pois o tempo de secagem é longo, podendo atingir mais de cinco dias, dependendo das condições climáticas. O milho geralmente é colhido com 25% de umidade, utilizando-se colheitadeiras mecanizadas. No caso do milho a granel, para o armazenamento após a colheita na propriedade ou em armazéns, os grãos deverão ter no máximo 13% de umidade. Desta forma, é interessante colher o produto com menor teor possível de umidade, em torno de 12 a 14%, quando não há possibilidade de secagem após a colheita.

## Tipo de colheita

A colheita manual promove menos danos à espiga, bem como a debulha manual. Estimam-se em 1,0 a 1,5% as perdas promovidas pela colheita manual. Entretanto, o rendimento da colheita é muito baixo, requerendo muita mão de obra e aumentando os custos. É mais apropriada para pequenas propriedades e terrenos declivosos. Na colheita mecanizada, a regulagem adequada das máquinas é importante para se reduzir as perdas quantitativas e qualitativas, ou seja, perda de grãos ou de massa de grãos, propriamente dita, e redução da qualidade por trincamento e quebra do grão, além da ocorrência de doenças. As perdas devido a colheita mecanizada são da ordem de 8 a 10% (SILVA, 1997; SANTOS, 2008a).

## Amostragem

A amostragem consiste na obtenção de uma porção representativa de um lote de grãos com o objetivo de determinar os padrões qualitativos dos grãos que compõem o lote, por exemplo: conteúdo de água, impurezas, quebrados, ardidos e carunchados. Quando o milho é armazenado a granel, a amostragem pode ser realizada em diferentes momentos, antes da recepção na unidade armazenadora, na fila de espera para descarga, na recepção ou descarga, após a secagem, durante o armazenamento e na expedição ou transferência do produto armazenado. A amostragem é realizada com auxílio de instrumentos, como por exemplo, caladores simples, sondas manuais para sacarias, amostradores automatizados, como os do tipo pneumático, sondas torpedo e canecos (DALPASQUALE, 2002).

As amostras podem ser simples, que são retiradas de diferentes pontos de um lote; composta, que é formada pela mistura das amostras simples retiradas do lote; amostra média, que é resultante da homogeneização e redução da amostra composta; e amostra de trabalho, que é a obtida no laboratório, por homogeneização e redução da amostra média.

O atual padrão oficial de classificação do milho (Portaria nº 845 de 08/11/1976 e portaria SDR nº 11 de 12/04/1996) estabelece os padrões para amostragem do milho em sacaria e a granel. De acordo com a regulamentação em vigor a retirada de amostra, para fins de classificação oficial, para os lotes de milho ensacado, deverá ser realizada por furação ou calagem, no mínimo em 10% dos sacos que compõem o lote numa proporção mínima de 30 gramas de cada saco (BRASIL, 1976, 1996).

A amostragem de milho armazenado a granel será realizada com retirada de 20 quilogramas de amostra quando o lote for inferior a 100 toneladas, e quando o lote for superior a 100 toneladas, será realizada a retirada de 15 quilogramas, para cada série de 100 toneladas ou fração. As amostras extraídas nestas condições devem ser homogeneizadas, reduzidas e divididas em três ou mais partes, com o peso de um quilograma para cada parte, devidamente identificadas, destinando-se duas vias ao classificador e uma ao interessado, sendo fornecida ainda, quando solicitada, uma via ao comprador ou armazenador (BRASIL, 1976, 1996).

As recomendações de amostragem podem ser variáveis, dependendo das exigências do mercado consumidor, da empresa que está recebendo o milho, da destinação final do produto, se está sendo exportado ou importado. Contudo, existem recomendações de amostragem para diferentes situações. Em veículos, recomenda-se a retirada de no mínimo cinco pontos para veículos de até 15 toneladas; oito pontos de amostragem em veículos de 15 a 30 toneladas; e no mínimo onze pontos em veículos de mais de 30 toneladas. Nos silos recomenda-se realizar a amostragem em cinco pontos, sendo um deles no centro do silo, e retirar amostras a cada metro de profundidade. A amostragem em armazéns graneleiros é recomendada conforme o lote. Lotes com até 100 toneladas, recomenda-se retirar 10 amostras; lotes de 100 até 500 toneladas recomenda-se a retirada de 30 amostras; e lotes acima de 500 toneladas recomenda-se a retirada de 30 amostras, mais 15 amostras para cada série 500 toneladas ou fração excedida (BRASIL, 1976, 1996). Em navios, recomenda-se a adoção dos procedimentos especificados no Manual de Serviço de Fiscalização Sanitária Vegetal em Portos, elaborado e disponibilizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Normas específicas podem ser adotadas de acordo com as exigências ou empresas que atuam nos portos, como ocorre no porto de Paranaguá, no Paraná, onde a Empresa Paranaense de Classificação de Produtos (CLASPAR) estabelece padrões de amostragem para os produtos movimentados no porto.

Em alguns casos especiais, a amostragem em lotes de milho pode ser mais rigorosa, retirando-se maior número de amostras que o convencionado pela legislação. A retirada de maior número de amostras em um lote pode ser uma medida adotada com o objetivo de assegurar melhor caracterização do lote de produtos. Este procedimento já vem sendo adotado por indústrias, cooperativas e outros segmentos que demandam grão com qualidade. A amostragem não deve se restringir apenas à etapa de recepção ou expedição do produto, mas também durante o período de armazenamento do milho, para verificar a presença de infestações por insetos e a presença de fungos. A frequência de amostragem durante o armazenamento dependerá da disponibilidade operacional e da necessidade do armazenador.

## Limpeza

O processo de limpeza dos grãos é uma operação que visa reduzir o teor de impurezas, matérias estranhas, restos culturais e de grãos trincados, quebrados ou ardidos do lote a um nível aceitável para a armazenagem e comercialização. A limpeza deve se realizar previamente ao armazenamento, com ou sem secagem, para que se garanta a qualidade dos grãos normais e sadios, reduzindo umidade e minimizando contaminações, uniformizando a massa de grãos, para os processos de aeração e/ou secagem (DALPASQUALE, 2002).

Para cada produto vegetal são estipulados limites de tolerância de impurezas. No caso do milho estes padrões são preconizados pela portaria nº 845 de 08/11/1976 e pela portaria SDR nº 11 de 12/04/1996 (BRASIL, 1976, 1996). O enquadramento do grão de milho nos diferentes tipos depende, entre outros fatores, do percentual de impurezas contido no lote de grãos. O milho classificado como tipo 1 deverá apresentar tolerância máxima de 1,5 % de matérias estranhas, impurezas e fragmentos; o tipo 2 permite tolerância máxima de 2,0% e o tipo 3 permite tolerância máxima de 3,0%. O produto "sujo", quando classificado, fica enquadrado em tipos inferiores, cujas cotações sofrem baixas substanciais (BRASIL, 1976, 1996).

O teor de impurezas de um lote de grãos é determinado no momento da classificação do produto utilizando-se peneiras recomendadas para cada produto. As peneiras recomendadas para classificação oficial do milho, nas análises de grãos quebrados e impurezas são as peneiras de crivos circulares de 5 mm (cinco milímetros) de diâmetro ou 12/64 polegadas. O teor de impurezas de determinado lote é determinado pelo valor percentual de impurezas na amostra (em peso), de acordo com a Equação 1:

$$\text{Percentagem de impurezas} = \text{Peso de impurezas (g)} \times 100 / \text{Peso da amostra (g)} \quad (\text{Equação 1})$$

Quando da análise da amostra coletada na recepção das unidades de armazenagem de milho, o percentual de impurezas é determinado, e dependendo da quantidade de impurezas no lote, pode sofrer descontos, em conformidade com os padrões estabelecidos pelo armazenista ou indústria. Este desconto também pode ser chamado de quebra de impurezas (QI). A quebra de massa devido às impurezas de um lote pode ser determinada pela Equação 2:

$$QI = (I_i - I_f) \times 100 / (100 - I_f) \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

$QI$  = Quebra ou desconto por impurezas;

$I_i$  = Percentual inicial de impurezas;

$I_f$  = Percentual final de impurezas (desejado, normatizado ou estipulado).

A limpeza de grãos é realizada pela separação das impurezas baseando-se nas propriedades físicas dos grãos. Os equipamentos utilizados para realizar a limpeza dos grãos separam as impurezas em função do tamanho, forma, peso e velocidade terminal do produto.

A limpeza é feita através de máquinas de pré-limpeza e limpeza até os níveis adequados para armazenagem e comercialização. O objetivo da limpeza é reduzir ao máximo o nível de impurezas e matérias estranhas. Os métodos de limpeza dos grãos podem ser manuais ou mecanizados. Os métodos manuais são os mais simples, e podem utilizar o vento para separar as impurezas dos grãos, assim como peneiras com malhas apropriadas para os diferentes produtos.

A limpeza mecanizada pode ser realizada com o auxílio de máquinas com ventilação, com peneiras cilíndricas, e através do método mais comum, que utiliza máquinas de ar e peneira. As máquinas de limpeza com ventilador e peneira constituem um dos sistemas mais eficiente de limpeza de milho a granel. O sistema de limpeza nas máquinas de ar e peneira atua por peneiramento, no qual são retiradas as impurezas maiores e menores, e por aspiração onde são retiradas as impurezas leves através do ventilador (Figura 2) (DALPASQUALE, 2002, WEBER, 1995, 2005).

Foto: Marco Aurélio Guerra Pimentel



**Figura 2.** Máquina de ar e peneira utilizada para limpeza de grãos a granel.

A limpeza do milho destinado ao armazenamento a granel nas unidades armazenadoras é realizada nas máquinas de ar e peneira, cuja capacidade nominal de limpeza é variável tanto para pré-limpeza quanto para a limpeza após a secagem. A capacidade nominal de limpeza também varia conforme o teor de água do produto no momento da operação de limpeza. A capacidade das máquinas de ar e peneira nas operações de pré-limpeza e limpeza, após a secagem, pode variar de cinco a até mais de 100 t por hora.

## Secagem

A secagem tem por finalidade reduzir o conteúdo de água dos grãos, reduzindo a deterioração durante o armazenamento pela ação de fungos, bactérias, insetos e pelo processo de respiração dos grãos que provoca perda de massa e gera calor. A operação de secagem permite colher os grãos com maior umidade liberando a área colhida para plantio de nova lavoura. Além desta vantagem, através da secagem é possível armazenar os grãos por períodos mais longos desfavorecendo o desenvolvimento de fungos e insetos-praga, pela redução do conteúdo percentual de água dos grãos.

A secagem torna-se uma operação crítica quando a colheita é antecipada ou quando os grãos são colhidos com umidade elevada. A secagem inadequada ou a falta de secagem é uma das principais causas de deterioração dos grãos durante o armazenamento. A secagem envolve a retirada parcial da água do grão por transferência de calor do ar de secagem para o grão e, ao mesmo tempo, através do fluxo de vapor de água do grão para o ar ambiente (BROOKER et al., 1992, PORTELLA; EICHELBERGER, 2001).

## Determinação da umidade dos grãos

A determinação do conteúdo de água dos grãos é importante para a comercialização e para o armazenamento do produto por períodos prolongados. A massa de um grão de milho é composta pela massa de água e massa de matéria seca. Desta forma, podemos determinar o conteúdo de água dos grãos (também denominado umidade do grão) de determinado lote, em base úmida (bu), que geralmente é expresso em valores percentuais, pela Equação 3:

$$U (bu) = (Ma / Mt) \times 100 \text{ (Equação 3)}$$

Onde:

$U (bu)$  = Conteúdo de água em base úmida;  
 $Ma$  = Massa de água da amostra;  
 $Mt$  = Massa total da amostra.

Já o conteúdo de água em base seca (bs), geralmente representado por valor decimal, é representado pela Equação 4:

$$U (bs) = (Ma / Mms) \text{ (Equação 4)}$$

Onde:

$U (bs)$  = Conteúdo de água em base seca;  
 $Ma$  = Massa de água da amostra;  
 $Mms$  = Massa de matéria seca da amostra.

Para realizar as conversões de conteúdo de água de base úmida para base seca e vice-versa, podem-se utilizar as Equações 5 e 6 a seguir:

$$U (bu) = 100 \times [U (bs)] / 1 + U (bs) \text{ (Equação 5)}$$

$$U (bs) = U (bu) / 100 - U (bu) \text{ (Equação 6)}$$

Onde:

$$U (bs) = \text{Conteúdo de água em base seca};$$

$$U (bu) = \text{Conteúdo de água em base úmida}.$$

O conteúdo de água expresso em base úmida é utilizado para designações comerciais e estabelecimento de preços. Enquanto, o conteúdo de água expresso em base seca é usado em trabalhos de pesquisa e equações de secagem.

A determinação do conteúdo de água dos grãos pode ser realizada através de métodos diretos, em que a umidade do produto é retirada pela ação direta do calor, em estufa com ou sem circulação forçada de ar, com temperatura estabilizada em  $105 \pm 2$  °C, durante 24 h, ou ainda por destilação. O conteúdo de água dos grãos pode ainda ser determinado pelo método indireto, em que a umidade é medida a partir da relação entre a umidade do produto e uma de suas propriedades físicas, geralmente, propriedades elétricas. Os equipamentos mais utilizados baseiam-se em propriedades como a capacitância e a resistência elétrica que os grãos podem oferecer à passagem da corrente. Estes equipamentos são amplamente utilizados pelo fato de permitirem obter resultados rápidos, o que é necessário, principalmente, durante a operação de secagem e pela facilidade de uso e manuseio. Entretanto, não dispensam o uso dos métodos direto para a sua calibração periódica (BROOKER et al., 1992; SILVA, 2008; WEBER, 1995, 2005).

### Perda de massa devido à secagem

A secagem retira água dos grãos e o conteúdo de matéria seca permanece constante. A matéria seca de um lote de grãos antes da secagem deve ser o mesmo após a secagem. Assim, no processo de secagem o produto perderá massa (pela retirada de água do grão) e o percentual de perda de massa não poderá ser calculado diretamente. Por exemplo: um lote de grãos de milho com 20% de umidade será submetido à secagem até 13% de umidade. A quebra (perda de massa pela secagem) não será de 7%, mas de 8,05%. O percentual de água retirada pela secagem, ou desconto (quebra) devido à umidade (conteúdo de água) do produto pode ser determinada pela Equação 7:

$$\text{Massa de água retirada} = [(U_i - U_f) / (100 - U_f)] \times 100 \text{ (Equação 7)}$$

Onde:

$$U_i = \text{Conteúdo de água inicial do lote (umidade antes da secagem) e}$$

$$U_f = \text{Conteúdo de água final do lote (umidade após a secagem)}.$$

O resultado obtido pela equação significa a porcentagem de quebra em peso, devido à saída de água dos grãos.

Para o cálculo da massa de água (quebra de umidade) retirada durante o processo de secagem pode-se utilizar a Equação 8:

$$\text{Massa de água retirada} = [(U_i - U_f) / (100 - U_f)] \times Mtg \text{ (Equação 8)}$$

Onde:



$U_i$  = Conteúdo de água inicial do lote (umidade antes da secagem);

$U_f$  = Conteúdo de água final do lote (umidade após a secagem) e

$M_{tg}$  = Massa total de grãos em peso (quilogramas ou toneladas).

A temperatura de secagem e o fluxo de ar são parâmetros determinantes da velocidade de secagem. A determinação da temperatura do ar de secagem e da massa de grãos depende de fatores, como: o sistema de secagem empregado, o tipo de secador, o fluxo de ar, a umidade inicial do produto e o destino final do grão. Quando os grãos apresentam elevada umidade, a temperatura de secagem deve ser menor do que se estivessem menos úmidos (PORTELLA; EICHELBERGER, 2001; WEBER, 1995, 2005).

## Secagem natural do milho

A secagem do milho pode ser realizada de forma natural ou artificial. A secagem natural emprega a radiação solar para aumentar o potencial de secagem do ar. A secagem natural do milho no campo é prática comum no Brasil, e ocorre, principalmente, pela facilidade, economia e falta de equipamentos de secagem artificial nas propriedades. Estima-se que de 20 a 30% da produção nacional de grãos é submetida a secagem artificial e de 70 a 80% da produção é secada a campo, de forma natural, permanecendo na lavoura até atingir o percentual de umidade ideal ao armazenamento, ou seja, 13% de umidade.

A secagem do milho na planta é uma alternativa interessante para agricultores que não dispõem de secadores na propriedade ou mesmo para aqueles agricultores que plantam o milho para consumo na propriedade na alimentação de animais. Contudo, a manutenção das espigas por tempo excessivo na planta, para secagem naturalmente, prejudica a qualidade do milho pela exposição das espigas a intempéries climáticas, ao ataque de pragas de grãos armazenados e fungos. Tais fungos podem causar podridões nas espigas e produzir micotoxinas, que podem intoxicar o homem e os animais, causando doenças e prejudicando o desenvolvimento normal das criações.

A secagem por tempo excessivo do milho na planta, além da perda de qualidade, poderá acarretar perda de massa de matéria seca dos grãos devido ao processo respiratório. O processo de respiração do grão de milho ocorre pela completa oxidação de carboidratos em água e dióxido de carbono. Com a oxidação dos carboidratos o grão perde massa de matéria seca, ou seja, perde peso. A perda de peso pela respiração pode ser influenciada pela condição climática local, por características genéticas da cultivar e pelo sistema de cultivo. A redução de peso pode ser de até 1% de massa de matéria seca a cada ponto percentual de água reduzido dos grãos. Ou seja, na secagem do milho no campo de 18% de umidade para 13%, há uma redução de 5% de massa de matéria seca dos grãos ocasionada pelo processo respiratório. No armazenamento, em condições ambientais favoráveis à atividade metabólica dos grãos como alta umidade e alta temperatura, o fenômeno da respiração é o principal responsável pela deterioração do milho (NIELSEN, 2000, 2008).

O agricultor deve verificar o ponto de colheita do milho para não retardar em excesso a colheita, observando quando as plantas estiverem secas, as espigas voltadas para baixo e puderem ser facilmente quebradas da planta. Outra forma fácil de observar quando o milho está no ponto de colheita é quando os grãos não se deixam riscar pela unha. Neste ponto, o milho deverá apresentar cerca de 13% a 14% de umidade, que é o recomendado para o armazenamento.

Em algumas regiões do Brasil, onde ocorrem chuvas na época da colheita, ou quando há excesso de chuvas durante o cultivo e dependendo da época de plantio, a secagem natural do milho na planta pode acarretar problemas à qualidade dos grãos. O milho cultivado em regiões onde é comum a ocorrência de chuvas ou há umidade elevada no período da colheita pode ocorrer maior incidência de fungos e aumento no percentual de grãos ardidos. Neste caso, é interessante colher o milho e executar a secagem artificial em secadores, avaliar a condição climática e as possibilidades do agricultor para antecipar a colheita. Entretanto, o milho cultivado na segunda safra (safrinha) na região Centro-Oeste apresenta menor incidência de grãos ardidos, devido à

condição climática de baixa umidade relativa na época da colheita, que favorece a secagem natural do milho na planta, dispensando, na maioria das vezes, secagem artificial.

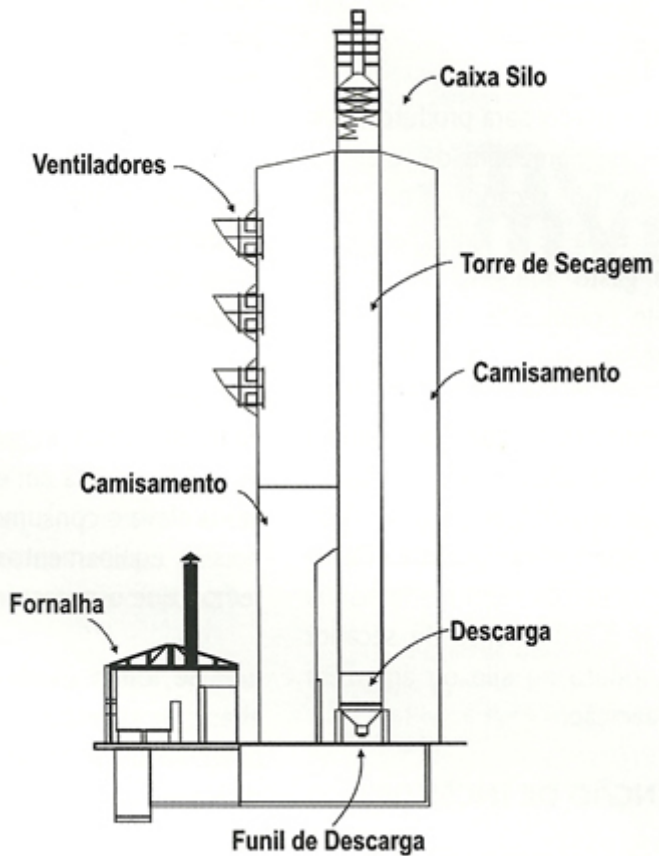
A secagem natural do milho na planta é uma opção interessante que deve ser analisada pelo agricultor, considerando a época do plantio e da colheita (safra ou safrinha), o investimento realizado na lavoura, a condição climática local durante o cultivo, a época de colheita, a conjuntura econômica da cultura e a disponibilidade de secadores na propriedade ou na região. A grande desvantagem da secagem natural dos grãos no campo é a dependência das condições climáticas e a maior exposição dos grãos e espigas aos insetos e aos fungos. Maior vantagem é a menor ocorrência de grãos trincados ou quebrados (PORTELLA; EICHELBERGER, 2001; PUZZI, 2000; WEBER, 1995, 2005).

## **Secagem artificial do milho**

A secagem artificial do milho consiste no uso de estratégias que aceleram o processo de perda de água dos grãos. O milho geralmente é colhido com 25% de umidade e deve ser seco com até 13%. Com o auxílio de secagem artificial, desta forma pode-se conservar o produto por até mais de um ano com este conteúdo de água.

A forma mais comum de secagem artificial consiste no uso de secadores. Estes aparelhos apresentam, como principais componentes estruturais, um sistema de aquecimento do ar, que pode ser composto de fornalhas a lenha, queimadores de gás (GLP), caldeiras ou sistema de aquecimento solar; ventiladores, que compõem o sistema de movimentação e insuflação de ar; podem apresentar também transportadores de grãos, como elevadores de caçambas, transportadores helicoidais, fitas ou correias transportadoras (Figura 3).

Fonte: Adaptado de Revista SEED news, volume XIV, nº 6, 2010



**Figura 3.** Secador de torre e seus componentes básicos.

Os secadores podem ainda ser classificados em função da temperatura do ar de secagem, sendo subdivididos em secadores de secagem a baixa e a alta temperatura. Na secagem de grãos a baixa temperatura, o ar de secagem é aquecido a no máximo 8 °C a 10 °C acima da temperatura ambiente. No caso da secagem a baixa temperatura em silo secador, o agricultor deve considerar a regiões do país que se encontra e a época do ano que está realizando a secagem. Em regiões que apresentam temperaturas próximas a 30 °C e umidade relativa do ar abaixo de 50-60%, como nas épocas de seca, por exemplo, a secagem dos grãos com o ar ambiente é favorecida nestas condições. Desta forma, é fundamental analisar a condição climática local, pois o grão de milho entrará em equilíbrio higroscópico com as condições do ar ambiente, pode secar naturalmente ou adsorver e absorver umidade do ambiente. De acordo com a Tabela 1, pode-se observar os valores de umidade do milho em equilíbrio com as condições de temperatura e umidade relativa do ar ambiente (BROOKER et al., 1992; PORTELLA; EICHELBERGER, 2001; PUZZI, 2000; WEBER, 1995, 2005).

**Tabela 1.** Valores de conteúdo de água (umidade) de equilíbrio do milho (%) em função da temperatura (°C) e umidade relativa (%) do ar ambiente

T (°C)	Produção (1.000 t)													
	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
24	7,2	8,0	8,7	9,5	10,3	11,0	11,8	12,6	13,4	14,3	15,2	16,3	17,5	19,1
26	7,1	7,9	8,6	9,4	10,1	10,9	11,6	12,4	13,2	14,1	15,0	16,1	17,3	18,8
28	7,0	7,8	8,5	9,3	10,0	10,7	11,5	12,3	13,1	13,9	14,9	15,9	17,1	18,6
30	6,9	7,7	8,4	9,1	9,9	10,6	11,3	12,1	12,9	13,8	14,7	15,7	16,9	18,4
32	6,8	7,6	8,3	9,0	9,8	10,5	11,2	12,0	12,8	13,6	14,5	15,5	16,7	18,2
34	6,7	7,5	8,2	8,9	9,6	10,4	11,1	11,8	12,6	13,4	14,4	15,4	16,6	18,0
36	6,6	7,4	8,1	8,8	9,5	10,2	11,0	11,7	12,5	13,3	14,2	15,2	16,4	17,9
38	6,6	7,3	8,0	8,7	9,4	10,1	10,8	11,6	12,3	13,2	14,1	15,0	16,2	17,7
40	6,5	7,2	7,9	8,6	9,3	10,0	10,7	11,5	12,2	13,0	13,9	14,9	16,0	17,5

A secagem do milho a baixa temperatura pode ser realizada diretamente em silos metálicos, que possuem na parte inferior uma câmara plenum (fundo falso) com chapa perfurada, com capacidade estática máxima de 300 t (aproximadamente 5.000 sacas) e altura máxima de 6 m. Este tipo de sistema de secagem recebe grãos com menos de 20% de umidade, e apresenta fluxo de ar de secagem variável. Contudo, recomendam-se valores entre 1,0 e 10 m<sup>3</sup> min<sup>-1</sup> t<sup>-1</sup> de milho. A secagem a baixa temperatura é uma prática que também pode ser utilizada para sementes de milho. O silo secador deve possuir aberturas (suspiros) no telhado para saída do ar úmido proveniente da secagem dos grãos. Neste tipo de secador, a secagem do milho é mais lenta, quando comparado a sistemas de secagem com alta temperatura, e pode ser realizada de 15 a 30 dias, dependendo das condições locais de temperatura e umidade relativa do ar, e da vazão do ar de secagem.

Neste sistema, o milho pode ser seco em camada única ou pode ser realizado o enchimento gradual do silo por mais de uma camada. A secagem do milho através do enchimento do silo por camadas é um método mais rápido, exige um fluxo de ar menor, contudo deve-se ter maior cuidado e controle do processo de secagem. O processo de secagem em camada única pode exigir ainda o revolvimento do produto em regiões com umidade relativa média inferior a 60% ou onde há necessidade de aquecimento do ar de secagem. Nestes casos, o revolvimento pode ser realizado através de um equipamento revolvidor composto de uma ou mais roscas verticais.

A secagem com alta temperatura é realizada com aquecimento do ar de secagem superior a 10 °C, com variações na temperatura do ar de secagem de acordo com a destinação final do produto. O aquecimento do ar de secagem pode ser realizado utilizando-se fornalhas a lenha, queimadores a gás (GLP), através de energia solar e através de caldeiras (Figura 4). A temperatura de secagem do milho destinado à semente deve ser inferior a 44 °C, sob pena de comprometer o vigor e a germinação das sementes. Para grãos de milho que se destinam à indústria de moagem na produção de gritiz (grãos de milho selecionados e processados) e derivados para alimentação humana, a temperatura de secagem deve ser inferior a 55 °C. Os grãos de milho destinados à fabricação de ração animal devem ser submetidos à temperatura de secagem inferior a 82 °C, sob pena de comprometer a qualidade e aumentar o percentual de grãos quebrados (BROOKER et al., 1992; PORTELLA; EICHELBERGER, 2001; PUZZI, 2000; WEBER, 1995, 2005).

Foto: Felipe Humberto da Silva



**Figura 4.** Caldeira acoplada ao secador para aquecimento do ar de secagem.

Os secadores de leito fixo ou de torre são os mais utilizados para a secagem a alta temperatura. Os secadores de torre são classificados de acordo com o fluxo dos grãos em relação ao ar de secagem. Os secadores de fluxos cruzados apresentam fluxo de ar de deslocamento horizontal, perpendicular a trajetória vertical dos grãos. Os secadores de fluxos concorrentes apresentam fluxo de ar e grãos na mesma direção e sentido. Neste caso, os grãos descem através do corpo do secador, ou torre, e o ar de secagem entra por calhas e descem até encantar outra calha ou duto de saída. Nos secadores de fluxos contracorrentes, o ar de secagem e os grãos seguem em direções iguais, mas em sentidos contrários. Nos secadores de fluxos mistos, o ar de secagem é insuflado em dois ou mais fluxos de ventilação.

Os secadores de torre apresentam capacidade variável, dependendo do produto a ser seco (Figura 5). No caso do milho, atualmente, existem secadores de pequeno porte que apresentam capacidades que variam de menos de 6,0 t h<sup>-1</sup> até secadores de grande porte com capacidade de aproximadamente 200 t h<sup>-1</sup>. Nestes secadores, a temperatura do ar de secagem pode variar, desde 40 até 100 °C, contudo, recomenda-se não ultrapassar a temperatura máxima dos grãos durante a secagem de acordo com a finalidade a que se destina o milho (BROOKER et al., 1992; PORTELLA; EICHELBERGER, 2001; PUZZI, 2000; WEBER, 1995, 2005).

Foto: Felipe Humberto da Silva



**Figura 5.** Secador de torre.

Os secadores de leito fixo atuam com temperatura do ar de secagem superior ao ar ambiente acima de 10 °C, com camada de grãos inferior a um metro de altura. Este tipo de secador apresenta baixo custo operacional e de instalação, fácil construção, a possibilidade de armazenar o produto no próprio secador e a secagem se processa da base para o topo da massa de grãos e em camadas, de acordo com a frente ou zona de secagem. Abaixo da zona de secagem encontram-se os grãos secos e com alta temperatura e acima os grãos úmidos e com baixa temperatura. A Embrapa Suínos e Aves disponibiliza um modelo de secador de grãos em cimento para pequenas propriedades que possui fácil construção e baixo custo (OLIVEIRA; MARTINS, 1992). Maiores informações sobre este secador estão disponíveis na publicação [Secador de grãos pré-fabricados em cimento para pequenas propriedades](#).

No processo de secagem, as recomendações para os grandes e pequenos agricultores também são as mesmas, considerando que ambas as categorias de produtores armazenam os grãos a granel e em silos grandes ou pequenos. Os principais problemas ocorrem devido à demora no início do processo de secagem, mantendo os grãos úmidos e muitas vezes tampados sob lonas, nas carrocerias dos caminhões, favorecendo o desenvolvimento de fungos produtores de micotoxinas que se multiplicam rapidamente em condições de umidade e temperatura elevada. Outro ponto que afeta a qualidade do grão está relacionado à pretensão de se proceder a secagem rapidamente, aumentando excessivamente a temperatura de secagem causando trincas e/ou quebra nos grãos.

Recomenda-se antes de iniciar o processo de secagem realizar uma boa limpeza do milho para que a operação de secagem transcorra sem problemas. Os grãos limpos, além de proporcionarem uma secagem mais adequada, evitam também problemas durante a armazenagem do milho, pois o milho armazenado com impurezas favorece o ataque de insetos e fungos que causam perdas durante o período de armazenagem.

A limpeza e a inspeção do secador antes da recepção da safra, o planejamento das operações e o monitoramento do secador durante a operação de secagem são operações fundamentais e devem ser consideradas independentemente da escala da produção. O treinamento dos operadores de secadores é fundamental para garantir a qualidade do produtor e maximizar o consumo e os custos com energia, visto que a secagem é uma operação que demanda elevada quantidade de energia (BROOKER et al., 1992; PORTELLA; EICHELBERGER, 2001; PUZZI, 2000; WEBER, 1995, 2005).

## Aeração

A aeração consiste na movimentação do ar através da massa de grãos, com o objetivo de modificar o microclima intergranular desfavorecendo, o desenvolvimento de fungos e insetos, reduzindo o uso de agrotóxicos na massa de grãos.. Atualmente, a aeração é controle ambiental mais utilizado para preservar a massa de grãos, mantendo a qualidade da massa de grãos a granel por longos períodos (BROOKER et al., 1992; LORINI et al., 2002; PUZZI, 2000).

A aeração possui como objetivos criar um ambiente com baixa temperatura na massa de grãos, uniformizar a temperatura no interior da massa de grãos, prevenir o aquecimento da massa de grãos úmidos e promover secagem limitada. Os sistemas de aeração mais utilizados no armazenamento de grãos e cereais estão presentes em silos metálicos, graneleiros, silos elevados de concreto e de alvenaria e armazém graneleiros de fundo plano. O sistema de aeração é composto por um conjunto de dutos de aeração, dutos de alimentação, ventilador e um equipamento de controle das operações do ventilador.

Os dutos de aeração são perfurados, geralmente com chapas perfuradas, e podem apresentar diferentes conformações, de acordo com a estrutura armazenadora. O fluxo de ar recomendado para o processo de aeração varia conforme a estrutura armazenadora (tipo do armazém), do produto e o objetivo da aeração. A aeração com fins de resfriamento da massa de grãos, deverá ter fluxo de ar variando de 3 a 6 m<sup>3</sup> (h-1 t-1) para armazém vertical e de 6 a 12 m<sup>3</sup> (h-1 t-1) para armazém horizontal. A aeração de manutenção deverá adotar fluxo de ar variando de 15 a 30 m<sup>3</sup> (h-1 t-1) em armazéns horizontais ou verticais e para fins de fumigação com recirculação de ar recomenda-se fluxo de ar de 1,5 m<sup>3</sup> (h-1 t-1) (BROOKER et al., 1992; PUZZI, 2000; SILVA, 2008; WEBER, 1995, 2005).

## Armazenamento a granel

É a forma mais comum de armazenar milho, atualmente, devido aos avanços tecnológicos disponíveis aos produtores, como colheitadeiras e estruturas de armazenamento/secagem de grãos. O armazenamento do milho a granel é apropriado para o armazenamento de produções em maior escala, contudo, pode também ser adotado por agricultores que desejam armazenar sua produção na fazenda. Pode ser feita em silos aéreo ou subterrâneo, e em armazéns convencionais (sacarias), em sistema hermético e em sistemas de armazenagem temporária (PUZZI, 2000; WEBER, 1995, 2005).

## Silos

É o método mais seguro de armazenamento, permitindo maior controle da qualidade, devido à facilidade de associação com sistemas de secagem com ar forçado, sistema de aeração e de controle de temperatura (termometria). Pode ser vertical ou horizontal, de acordo com a proporção altura:largura. O silo vertical possui proporção de 2:1, podendo ser de chapa metálica, alvenaria ou de concreto. O silo horizontal, ou graneleiro, possui altura baixa e base maior, não sendo vedados, dificultando a fumigação.

Os silos metálicos são muito utilizados e possuem capacidade estática bastante variável, variando de 16 até mais de 13.000 t de capacidade, ampliando assim a oferta por armazenagem desde agricultores, que armazenam na fazenda, desde grandes cooperativas e agroindústrias (Figura 6). Em grandes unidades armazenadoras, os silos metálicos podem ser dispostos em conjuntos circulares ou lineares.

Foto: Felipe Humberto da Silva



**Figura 6.** Unidade armazenadora com conjunto de silos metálicos, transportadores e secador de torre.

No descarregamento dos grãos, o milho pode ser seco após o enchimento completo do silo em lotes ou em camadas. Quando se adota a secagem em lotes (silo cheio) a secagem é lenta e, portanto, a umidade do grão deve ser de, no máximo 20%. Isto reduzirá o desenvolvimento de patógenos em pós-colheita. A secagem também pode se realizar em camadas, de forma a se realizar a secagem numa massa de grãos, interrompendo o enchimento do silo, até que esta camada esteja seca. Em seguida, é descarregada nova camada de grãos e realizada nova secagem. Isto se repetirá até que se atinja o limite de armazenagem do silo. Na secagem em camadas é recomendável adotar-se a aeração de manutenção nos grãos que aguardam a secagem. A secagem de ambos os processos poderá ser em temperatura ambiente, com o ventilador sendo ligado ao mesmo tempo em que se realiza o enchimento do silo. Ao se associar um aquecedor ao ventilador, realiza-se secagem com ar aquecido, acelerando esta etapa do processo, porém correndo-se o risco de secar o milho além do recomendado. A secagem com ar aquecido deve ser seguida de seca-aeração para se reduzir a temperatura da massa de grãos, ainda um pouco úmida, mais rapidamente. Durante o armazenamento, a massa de grãos tende a ter sua temperatura elevada naturalmente devido à liberação de calor proveniente do processo respiratório. Deve-se proceder aeração de resfriamento quando existir um gradiente de temperatura superior a 5 °C entre



a massa de grãos e a temperatura externa, no próprio silo de armazenagem ou com a transferência da massa de grãos para outro silo (transilagem) (SINHA; MUIR, 1973; BROOKER et al., 1992).

Os silos de alvenaria são mais recomendados para armazenagem em fazenda (OLIVEIRA; MARTINS, 1991; SANTOS, 2004). Este tipo de silo apresenta facilidade na construção, baixo custo e de fácil manejo. O tamanho varia conforme a necessidade do produtor, contudo é comum encontrar projetos circulares, com diâmetro de 2,0 a 3,0 m e altura de cilindro de 3,0 m o que corresponde a uma capacidade estática de aproximadamente 14 a 16 t de milho. Maiores informações sobre modelos de silo de alvenaria para armazenamento de milho e outros grãos podem ser obtidos na publicação [Silo de alvenaria de alvenaria para armazenamento de milho](#). Maiores informações sobre armazenagem a nível de fazenda podem ser obtidas no documento [Armazenagem de milho a granel na fazenda](#).

## Silo subterrâneo

O armazenamento em silo subterrâneo está em desuso. Apesar de viável tecnicamente e economicamente, a descarga é difícil, sendo sugerido que se construam vários pequenos silos para que sejam descarregados totalmente, a medida que for necessário. O silo consiste de uma vala escavada, revestida de lona plástica, firmada com barras de ferro na parte superior, para fixação. Por debaixo da lona plástica, no fundo do silo é recomendável a colocação de uma camada de palha do próprio milho, ou outra cultura. O milho então é descarregado, com umidade entre 12% e 13%, e coberto com a lona. Acima da lona coloca-se uma camada de solo, outra de palha e outra de solo, formando uma estrutura côncava para escoamento de água de chuva e não empoçamento. Deve-se construir canaletas para escoar água de chuva e evitar contato quando da abertura do silo ou penetração por alguma abertura acidental (PUZZI, 2000).

## Sistema hermético em armazém ou depósito

Consiste em se acondicionar grãos de milho com 12% de umidade em tambores metálicos ou plásticos (200 L, por exemplo), vedando-o com parafina de modo a eliminar trocas gasosas e a entrada de umidade, ou em sacos plásticos, para 40 kg de grãos. Os sacos plásticos cheios devem ser colocados dentro de outro saco que também deverá ser vedado. Assim, realiza-se a modificação da atmosfera pelo consumo de oxigênio pela massa de grãos e acúmulo de dióxido de carbono. Esta modificação torna o ambiente impróprio para o desenvolvimento de fungos e de insetos. Os tambores ou os sacos devem ser previamente limpos e após seu enchimento devem ser colocados em ambiente coberto, fresco, sem incidência de raios solares e protegidos do ataque de ratos, pelas providências que se pode tomar em armazéns e que estão descritos no armazenamento em sacaria (PUZZI, 2000).

## Armazenamento convencional

Em armazéns convencionais, o armazenamento é feito em sacaria. O milho deve estar com umidade entre 13% e 14%, a sacaria deve ser mantida sobre estrados suspensa do piso, e mantida distante das paredes para circulação de carrinhos hidráulicos ou de pessoas, para movimentação da carga e facilitar inspeções. As instalações devem possuir boa ventilação. O piso deve ser concretado, impermeabilizado e estar 30 cm acima do nível do solo. Deve-se proceder ao controle de ratos, com telas em todos os ralos, janelas e nos vãos entre a estrutura e os telhados. Além de consumir o milho em sua alimentação, os roedores podem transmitir doenças através da urina e dos pêlos. Os grãos contaminados são impróprios para o consumo humano e animal. O expurgo periódico dos lotes deve ser realizado sempre que se identificar alta incidência de traça e de caruncho. A garantia deste tipo de armazenamento depende de cuidados como: limpeza dos grãos antes de ensacá-los, umidade adequada do grão, limpeza e desinfestação do armazém,

eliminação e inspeções periódicas de focos de ratos e de insetos, uso de sacaria limpa e empilhamento adequado. O armazenamento em sacaria requer maior mão de obra e requer maiores espaços que os silos, além do custo da sacaria em si, como inconveniente. Porém, a detecção de poucos sacos contaminados, impede a inviabilização de lotes inteiros, pela facilidade de remoção e de inspeção.

## Armazenamento de espigas

É um método mais empregado em pequenas propriedades, com baixo investimento tecnológico, requerendo atenção durante o período de armazenamento, devido às maiores perdas inerentes ao sistema. O empalhamento das espigas favorece a conservação, desfavorecendo o ataque de pragas. As estruturas para o armazenamento do milho em espigas se caracterizam pelo baixo custo (aproveitando materiais da propriedade), durabilidade, presença de barreiras contra a penetração de ratos ("chapéu chinês" e folhas de zinco), arejamento, facilidade para o controle de pragas e para o manejo da carga e descarga. É apropriado para a alimentação de animais na propriedade ou para estocagem e comercialização. Permite ao agricultor colher o milho com umidade elevada (18%), ocorrendo continuação da secagem natural já no paiol. Em caso de colheita das espigas com umidade inferior a 16%, são mínimos os problemas com fungos, desde que o paiol possua boa ventilação. Pode ser feito em paióis abertos (espigas com palha), paióis fechados (espigas sem palha) ou em armazéns (SANTOS, 2004, 2008a).

Os paióis que apresentam aberturas ou são telados, apresentando possibilidade de aeração e ventilação natural são os modelos mais apropriados para o armazenamento do milho em espigas com palha. A palhada promove proteção adicional aos grãos, possibilitando que o produtor possa esperar melhor época para consumo ou comercialização. Os materiais utilizados para construção deste tipo de estrutura podem ser madeira, bambu, alvenaria ou materiais reaproveitados. Com exceção dos paióis de alvenaria, os demais possuem frestas para circulação de ar e são construídos sobre colunas de 0,8 a 1,0 m de altura do nível do solo. Independente do material utilizado para sua construção, tais colunas devem ser fixadas em sapatas de concreto.

No momento do armazenamento, o produtor deve classificar as espigas, separando as espigas bem empalhadas das espigas mal empalhadas. A palha da espiga serve como uma proteção natural contra insetos. Assim, o produtor deverá utilizar primeiro as espigas que estão com pouca palha ou estão com a palha danificada, separando as espigas que apresentam-se bem empalhadas, com a palha cobrindo toda espiga sem falhas ou aberturas que permitam a entrada de insetos. As espigas devem ser armazenadas quando os grãos apresentarem teor de umidade de 13% a 14%.

Antes de colocar o milho no paiol, o produtor deve limpar o local de armazenamento, os equipamentos, o maquinário e as ferramentas que utiliza para manuseio e acondicionamento do milho. Manter a limpeza é uma das principais medidas para armazenar os grãos com qualidade. Dependendo da necessidade, o produtor pode reservar diferentes locais para o armazenamento de milho em espigas. Contudo, estas estruturas de armazenamento devem apresentar características como: serem cobertas, devem ter baixo custo (aproveitando materiais da propriedade), durabilidade e devem ter barreiras contra a penetração de ratos (chapas de zinco ou "chapéu chinês"). As estruturas devem ser arejadas, estar localizadas fora de locais úmidos ou com goteiras, ter capacidade ajustada a produção da propriedade, facilidade para o controle de pragas e permitir o carregamento e a descarga do milho de forma simples.

A Embrapa Milho e Sorgo, em parceria com a Emater-MG, desenvolveu um modelo de paiol, o paiol "Balaio de Milho", para armazenagem de milho, o qual reúne várias características muito desejáveis e constitui, no momento, uma interessante opção para o agricultor familiar armazenar o seu milho (Figura 7). O uso do paiol "Balaio de Milho" resolve o problema de pragas como insetos, fungos, ratos com baixo custo (SANTOS, 2008b). Maiores informações sobre a construção e uso do paiol "Balaio de Milho" estão disponíveis na publicação [Paiol Balaio de Milho: prevenção contra caruncho e roedores](#).



**Figura 7.** Paiol “Balaio de Milho” desenvolvido pela Embrapa Milho e Sorgo e Emater-MG, com revestimento de folhas de zinco como barreiras contra penetração de ratos.

A construção de paiol de alvenaria deve seguir recomendações da construção de armazéns, com impermeabilização do piso, que deve estar a 30-40 cm do nível do solo. Suas paredes podem ser de tijolos furados ou de tijolos maciços afastados de 2,0 a 3,0 cm. Nas duas opções, o início de sua colocação deve ser a partir de 80 cm do nível do solo. As portas e janelas devem ser acima do dispositivo antirratos.

## Recomendações gerais

As instalações e equipamentos citados devem ser limpos antes de novos carregamentos, de modo a se eliminar focos de infestação e de contaminação. Deve se ter em mente que todo procedimento realizado no milho colhido não aumentará sua qualidade pós-colheita, mantendo, no máximo, a qualidade obtida durante o processo de produção no campo. Assim, deve-se ter cuidado na escolha da cultivar, adequada às condições de cada região e às condições de armazenamento, aos tratamentos culturais e controle de pragas, época de colheita e adequada regulação das máquinas utilizadas na colheita. Deve-se ainda realizar registros de origem e das características de qualidade de cada lote individual, para que se garanta a rastreabilidade do milho, devido a ocorrências que possam acontecer no destino final do produto.

# Pragas de grãos armazenados

## Introdução

O Brasil é um país cujo grande potencial de produção de grãos ainda não foi plenamente explorado. O milho é uma das culturas mais amplamente difundidas e cultivadas, pois se adapta aos mais diferentes ecossistemas. A cultura do milho, segundo dados da CONAB da safra 2010/11, ocupa, em todo o território nacional, cerca de 13.838,7 mil hectares, com uma produção na safra 2010/11 estimada em torno de 57.514,1 mil toneladas, concentrada na região Centro-Sul, que responde por cerca de 86,88% da produção nacional. Embora seja uma cultura apropriada ao uso de alta tecnologia e com potencial para produzir acima de 16 t ha<sup>-1</sup>, predomina o uso de tecnologia de baixo investimento, o que tem mantido a produtividade média nacional na safra de 2010/11 em 4.156 kg ha<sup>-1</sup>.

O Brasil é um país de contrastes. Se, por um lado, um número relativamente pequeno de produtores desenvolve uma agricultura muito vigorosa, em grandes propriedades, plantações e pastagens imensas, onde se plantam cultivares de alto potencial genético, alto nível tecnológico, como agricultura de precisão, sistema de plantio direto, integração lavoura-pecuária, e geralmente alcançando altas produtividades, por outro, convive com 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, o armazenamento prolongado só pode ser realizado quando se adotam corretamente as práticas de colheita, limpeza, secagem, combate a pragas e prevenção de fungos.

Um lote de grãos armazenado 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, microrganismos, insetos, roedores e pássaros.

É fundamental que a qualidade dos grãos seja preservada, mantendo-os saudáveis, limpos e livres de resíduos de agrotóxicos utilizados para combater as pragas que sempre atacam os grãos armazenados. As alternativas nesta 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 a alimentação de suínos e a armazenagem de grãos secos, seja a granel ou em espiga.

## 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 a com possibilidade de comprometer sua qualidade, provocando-lhes quebras e trincas, tornando-os mais vulneráveis a serem atacados por insetos. 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 infraestrutura de secagem artificial, normalmente ele 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 e das condições de armazenamento, e necessidade de comercialização pelo produtor. 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 reduzidas.

Nas regiões onde normalmente não chove no período que antecede a colheita, como na segunda safra no Centro-Oeste, o grão colhido é, geralmente, de excelente qualidade e as perdas no período da pré-colheita são pequenas. Nas regiões Sudeste e Sul, essas perdas são maiores, havendo dados de pesquisa apontando perdas na pré-colheita, podem chegar de 4 a 5%, especialmente em locais onde normalmente chove no período da colheita e a umidade relativa é muito alta, e o milho que não é colhido mecanicamente.

### **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. O trabalho manual de coleta das espigas contribui para reduzir as perdas nessa fase, que ocorrem na magnitude de 0,5 a 1,0%. 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 pelo 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, criando a necessidade de se adotar um controle preventivo de pragas, antes de armazenar os grãos.

### **Colheita mecânica e sua importância na prevenção a pragas**

A colheita mecânica do milho, no Brasil, atinge cerca de 70% 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, regulação das máquinas, bem como escolher a melhor velocidade de trabalho. O dano mecânico provocado nos grãos durante a operação de colheita, causando-lhe quebras e trincas contribuirá para maior ocorrência de insetos durante o armazenamento, criando a necessidade de se tomar medidas preventivas de controle de pragas.

### **Perdas na pós-colheita**

Serão consideradas aqui as perdas que ocorrem durante o transporte e o pré-processamento dos grãos, principalmente durante o armazenamento.

## 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.

## Armazenamento

Perdas durante a fase de pós-colheita são geralmente elevadas e irre recuperáveis por se tratar do produto final, situação em que tal perda não é mais passível de recuperação. Na fase de armazenamento especificamente, os índices de perdas são variáveis conforme o nível tecnológico, a forma de armazenamento, o clima local. No entanto, os valores oficiais de perdas ainda são pouco conhecidos, existindo apenas algumas estimativas que podem variar de 1,5% a 50%, dependendo, principalmente, do nível tecnológico.

Estima-se que nos países desenvolvidos as perdas oscilam em patamares inferiores a 10% (em torno de 5% nos EUA), enquanto em países em desenvolvimento estas perdas chegam a até 50% (FAO, 1994). As perdas de grãos armazenados no Brasil variam dependendo da unidade armazenadora e manejo da mesma - perdas semelhantes a de países desenvolvidos são normalmente associadas a grandes unidades armazenadoras, enquanto unidades armazenadoras mais simples a nível de fazenda incorrem em perdas que se aproximam a 50% após seis meses de armazenamento. No armazenamento de milho em espiga, utilizando estruturas rústicas, como são os paióis de madeira, as perdas de peso causadas por insetos e roedores podem atingir valores acima de 15% do milho armazenado nessas condições. 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, como a construção de estruturas armazenadoras tecnicamente adequadas e dispostas de equipamento de termometria e aeração; armazenar o milho com baixo teor de umidade nos grãos (13%); reduzir ao máximo o teor de impurezas no lote de grãos, através de sistemas de limpeza; garantir a ausência de pragas e microorganismos; e proceder corretamente quanto a manipulação e movimentação dos grãos.

Para se prevenirem perdas na armazenagem em espigas deve-se combater insetos e roedores, principalmente. A limpeza do local de armazenamento, a umidade dos grãos em torno de 13-14% e o monitoramento das infestações também são práticas que garantem menores perdas e maior qualidade ao milho armazenado. A correta armazenagem não melhora a qualidade dos grãos, mas objetiva mantê-la. Para isso, alguns fatores devem ser observados:

- características das cultivares, como bom empalhamento, decumbência das espigas, dureza e alta densidade dos grãos, resistência a danos mecânicos, resistência a insetos e microrganismos;
- condições ambientais, ataques de lagartas e pássaros às espigas durante o desenvolvimento no campo;
- atraso na colheita, ocorrência de chuva durante o processo de secagem natural e durante a própria colheita;
- tipo de colheita, manual ou mecanizada, e regulação da colhedora;
- método e temperatura de secagem artificial;

- 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.

## Principais insetos-pragas dos grãos armazenados

A qualidade do grão de milho armazenado pode ser afetada pela ação de diversos fatores. Entre esses, os insetos-pragas de grãos armazenados, em especial os carunchos ou gorgulhos e besouros *Sitophilus zeamais*, *Sitophilus oryzae*, *Rhyzopertha dominica*, *Cryptolestes ferrugineus*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium castaneum*, *Lasioderma serricorne* e as traças *Sitotroga cerealella*, *Ephestia kuehniella*, *E. elutella* e *Plodia interpunctella*, podem ser responsáveis pela deterioração da qualidade do milho armazenado.

O conhecimento do hábito alimentar de cada praga constitui elemento importante para definir o manejo a ser implementado nos grãos durante o período de armazenagem. Segundo esse hábito, as pragas podem ser classificadas em primárias ou secundárias.

- Pragas primárias: são aquelas que atacam sementes e grãos inteiros e sadios e, dependendo da parte que atacam, podem ser denominadas pragas primárias internas ou externas. As primárias internas perfuram as sementes e nestas penetram para completar seu desenvolvimento. Alimentam-se de todo o tecido de reserva da semente ou grão e possibilitam a instalação de outros agentes de deterioração (fungos, por exemplo). Exemplos dessas pragas são as espécies *R. dominica*, *S. oryzae* e *S. zeamais*. As pragas primárias externas destroem a parte exterior da semente e grãos e, posteriormente, alimentam-se da parte interna sem, no entanto, se desenvolverem no interior da mesma. Há destruição da semente e dos grãos apenas para fins de alimentação.
- Pragas secundárias: são aquelas que não conseguem atacar sementes e grãos inteiros, pois depende que estes estejam danificados ou quebrados para deles se alimentarem. Essas pragas ocorrem nas sementes quando estão trincadas, quebradas ou mesmo danificadas por pragas primárias, e geralmente ocorrem desde o período de recebimento até o beneficiamento do milho. Multiplicam-se rapidamente e causam prejuízos elevados. Como exemplo cita-se as espécies *C. ferrugineus*, *O. surinamensis* e *T. castaneum*.

A atividade dos insetos é muito sensível à temperatura e pode ser controlada mantendo a massa de grãos ao redor de 19-20 °C, o que se torna difícil nos climas tropicais ou subtropicais durante os meses mais quentes. Além da influência da temperatura, também deve ser observada a correta identificação dos insetos em questão, tendo em vista seus ciclos evolutivos diferenciados, bem como longevidade dos adultos e capacidade de postura, o que determinará a adoção de estratégias de controle e desenvolvimento de modelos de programas de crescimento populacional em massa de grãos. Na Tabela 2, estão apresentados, de maneira geral, algumas características biológicas dos principais insetos que atacam grãos de milho armazenado, segundo Loeck (2002).

**Tabela 2.** Características biológicas dos principais insetos de grãos armazenados

Inseto	Temperatura desenvolvimento (°C)	Ciclo evolutivo (dias)	Longevidade (dias)	Capacidade de postura (n° ovos)
<i>Lasioderma serricorne</i>	32-20	25-100	85	100
<i>Rhyzopertha dominica</i>	34-22	25-84	120	400
<i>Tribolium castaneum</i>	34-22	22-75	360	500
<i>Sitophilus zeamais</i>	28	34	140	280

Sitophilus oryzae	29	25	140	280
Oryzaephilus surinamensis	30	22	250	370
Sitotroga cerealella	28-30	30-35	10-52	100-150

Fonte: LOECK (2002).

Dentre as pragas, *S. oryzae* e *S. zeamais* são as mais preocupantes economicamente e justificam a maior parte do controle químico praticado nos armazéns. Além dessas pragas, há roedores e pássaros causadores de perdas, principalmente qualitativas, pela sujeira que deixam no produto final, que também devem ser considerados no Manejo Integrado de Pragas (MIP).

### ***Sitophilus oryzae* e *S. zeamais* (Coleoptera, Curculionidae) – carunchos ou gorgulhos dos cereais**

Essas duas espécies são muito semelhantes em caracteres morfológicos e podem ser distinguidas somente pelo estudo da genitália. Ambas podem ocorrer juntas no mesmo lote de grãos ou sementes, independentemente do produto onde é encontrada.

Os adultos são gorgulhos de 2,0 a 3,5 mm de comprimento, de coloração castanho-escuro, com manchas mais claras nos élitros (asas anteriores), visíveis logo após a emergência. A principal característica para identificação da espécie é a cabeça projetada à frente, na forma de rostro (expansão da parte frontal da cabeça) curvado (Figura 8). Nos machos, o rostro é mais curto e grosso, e nas fêmeas, mais longo e afilado. As larvas são de coloração amarelo-clara, com a cabeça de cor marrom-escuro, e as pupas são brancas. O período de oviposição é de 104 dias, e o número médio de ovos por fêmea é de 282. A longevidade das fêmeas é de 140 dias. O período de incubação oscila entre 3 e 6 dias, e o ciclo de ovo até a emergência de adultos é de 34 dias.

Ilustração: Irineu Lorini



**Figura 8.** Adulto de caruncho do milho (*Sitophilus sp.*).



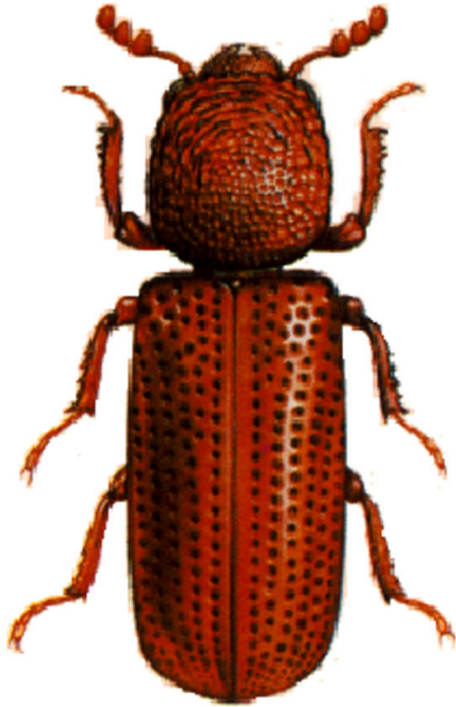
*S. oryzae* e *S. zeamais* são pragas primárias internas de grande importância, pois podem apresentar infestação cruzada, ou seja, infestar sementes no campo e também no armazém, onde penetra profundamente na massa de grãos. Apresenta elevado potencial de reprodução, possui muitos hospedeiros, como trigo, milho, arroz, cevada, triticale e aveia. Tanto larvas como adultos são prejudiciais e atacam sementes e grãos inteiros, podendo atacar também produtos processados, como massas, biscoitos e outros produtos processados. A postura é feita dentro da semente; as larvas, após se desenvolverem, empupam e se transformam em adultos. Os danos decorrem da redução de peso, contaminação da massa de grãos por impurezas, redução da qualidade física e fisiológica da semente.

### ***Rhyzopertha dominica* (Coleoptera, Bostrichidae) - besourinho dos cereais**

Os adultos são besouros de 2,3 mm a 2,8 mm de comprimento, coloração castanho-escuro, corpo cilíndrico e cabeça globular, normalmente escondida pelo protórax (Figura 9). A coloração das pupas varia de branca, inicialmente, a castanha, próximo à emergência dos adultos; possuem 3,9 mm de comprimento e 1,0 mm de largura do corpo, aproximadamente. As larvas são de coloração branca, com cabeça escura, e medem cerca de 2,8 mm quando completamente desenvolvidas. Os ovos são cilíndricos, embora variáveis na forma, inicialmente brancos e posteriormente rosados e opacos, com 0,6 mm de comprimento e 0,2 mm de diâmetro.

O período de incubação, variável em função da temperatura, é de 15,5 dias a 26 °C e de 4,5 dias a 36 °C. Os ovos podem ser colocados em grupos ou isolados, em fendas ou rachaduras das sementes ou mesmo na própria massa de sementes. A duração do período larval é de, aproximadamente, 22 dias, o período de pupa é de 5 dias, e a longevidade dos adultos atinge 29 dias, a 30 °C e 70% de umidade relativa. O ciclo de vida da praga é de, aproximadamente, 60 dias. A fêmea tem fecundidade média de até 250 ovos, a qual depende da qualidade do alimento e das condições de temperatura e de umidade.

Ilustração: Irineu Lorini



**Figura 9.** Adulto do besourinho dos cereais, *Rhyzopertha dominica*.

*R. dominica* é praga primária interna e possui elevado potencial de destruição em sementes e grãos de trigo, arroz, milho, cevada, aveia, centeio e triticale, pois é capaz de destruir de 5 a 6 vezes seu próprio peso em uma semana. É a principal praga na armazenagem no Brasil, em razão da incidência e da grande dificuldade de se evitar os prejuízos que causa aos produtos.

Deixa as sementes perfuradas e com grande quantidade de resíduos na forma de farinha, decorrentes do hábito alimentar. Tanto adultos como larvas causam danos às sementes armazenadas. Possui grande número de hospedeiros, e adapta-se rapidamente às mais diversas condições climáticas sobrevivendo mesmo em extremos de temperatura.

### ***Tribolium castaneum* (Coleoptera, Tenebrionidae)**

Os adultos são besouros de coloração castanho-avermelhada, medindo de 2,3 a 4,4 mm de comprimento; o corpo é achatado e possui duas depressões transversais na cabeça (Figura 10). As larvas são branco-amareladas, cilíndricas, medindo até 7 mm de comprimento. As fêmeas colocam de 400 a 500 ovos em fendas de paredes, na sacaria e sobre os grãos. A duração de uma geração pode ser inferior a 20 dias, em condições favoráveis.



**Figura 10.** Adulto de *Tribolium castaneum*.

Como é praga secundária, depende do ataque de outras pragas para se instalar nos grãos armazenados. Alimenta-se de grãos de várias espécies e causa prejuízos ainda maiores do que os resultantes do ataque de pragas primárias que permitiram sua instalação.

### ***Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera, Silvanidae)**

Os adultos são besouros alongados, achatados, de coloração vermelho-escura, com comprimento variável de 1,7 a 3,3 mm (Figura 11). Possui três carenas longitudinais no pronoto, além de apresentarem seis dentes laterais, o que permite identificá-los. O ciclo de vida varia de 24 a 50 dias. As fêmeas fazem a postura em orifícios dos grãos ou no interior da massa de grãos, podendo colocar de 50 a 300 ovos. Os caracteres biológicos, acima citados, variam com as condições da massa de grãos e conforme alterações na temperatura e na umidade dos grãos. *O. surinamensis* é uma praga considerada secundária que ataca grãos quebrados, fendidos e restos de grãos. Pode danificar a massa de grão, sendo expressiva em grande densidade populacional. Aparece praticamente em todas as unidades armazenadoras, onde causa a deterioração dos grãos pela elevação acentuada da temperatura. É uma espécie muito tolerante a inseticidas químicos, sendo uma das primeiras a colonizar a massa de grãos após aplicação desses produtos.

Ilustração: Irineu Lorini



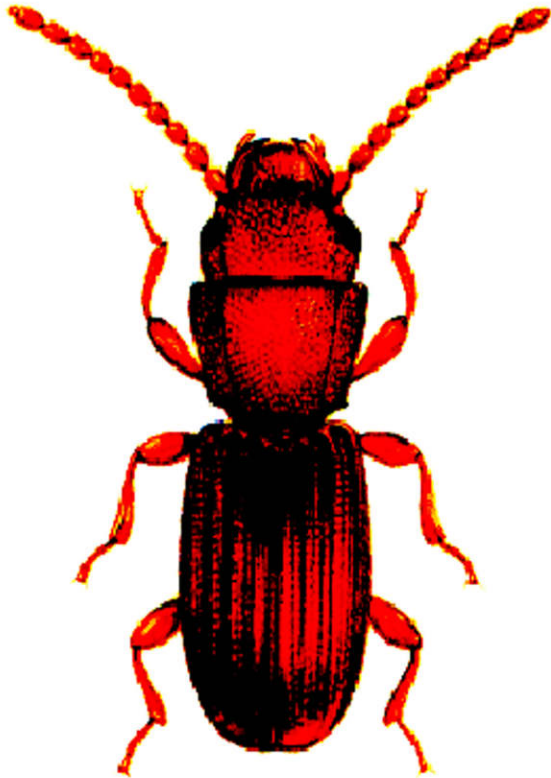
**Figura 11.** Adulto de *Oryzaephilus surinamensis*.

### ***Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera, Cucujidae)**

Os adultos (Figura 12) são pequenos besouros de, aproximadamente, 2,5 mm de comprimento, de corpo achatado e antenas longas. Têm cor marrom-avermelhada-pálida e grande facilidade de deslocamento. As posturas são realizadas na superfície ou no interior da massa de grãos. A fêmea pode ovipositar de 300 a 400 ovos. O ciclo de vida pode variar de 17 a 100 dias, dependendo da temperatura e da umidade da massa de grãos, possuindo, portanto, elevado potencial de reprodução, em relação a outras pragas de armazéns.

*C. ferrugineus* é uma praga secundária que pode destruir grãos fendidos, rachados e quebrados, neles penetrando e atacando o germe. Consome grãos quebrados e restos de grãos e de farinhas, causando elevação na temperatura da massa de grãos e deterioração de grãos. Da mesma forma que *O. surinamensis*, aparece em grande quantidade em armazéns, após o tratamento com inseticidas, e é muito tolerante a esses tratamentos. Esse inseto merece preocupação e estudos para se determinar o potencial de dano, tendo em vista a facilidade de reprodução em massas de grãos armazenados.

Ilustração: Irineu Lorini

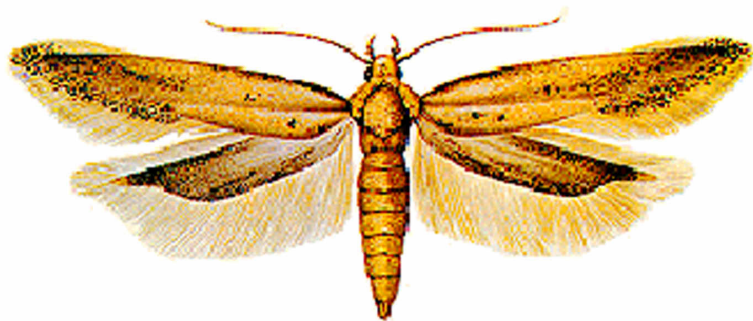


**Figura 12.** Adulto de *Cryptolestes ferrugineus*.

### ***Sitotroga cerealella* (Lepidoptera, Gelechiidae) - traça dos cereais**

Os adultos (Figura 13) são mariposas com 10 mm a 15 mm de envergadura e 6 mm a 8 mm de comprimento. As asas anteriores são cor de palha, com franjas, e as posteriores são mais claras, com franjas maiores. Vivem de 6 a 10 dias. Os ovos são colocados sobre as sementes, preferentemente naquelas danificadas e/ou fendidas. A fêmea pode ovipositar de 40 a 280 ovos, dependendo do substrato. Após a eclosão, as larvas penetram no interior das sementes, onde se alimentam e completam a fase larval, que se estende por, aproximadamente, 15 dias. As larvas podem atingir 6 mm de comprimento e são brancas com as mandíbulas escuras. A pupa varia de coloração desde branca, no início, a marrom-escura, próximo à emergência do adulto. O período de ovo a adulto dura, em média, 30 dias. *S. cerealella* é uma praga que ataca sementes intactas (primária), porém afeta mais a superfície do lote de sementes. As larvas destroem a semente, alterando o peso e a qualidade. Também atacam as farinhas, nas quais se desenvolvem, causando deterioração de produto pronto para consumo.

Ilustração: Irineu Lorini



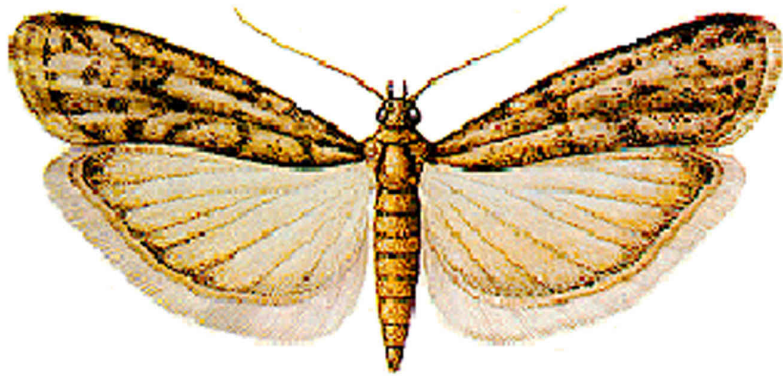
**Figura 13.** Adulto de *Cryptolestes ferrugineus*.

### ***Ephestia kuehniella* e *E. elutella* (Lepidoptera, Pyralidae) - traças**

As duas espécies são muito semelhantes. Os adultos (Figuras 14 e 15) são mariposas de coloração parda, com 20 mm de envergadura, com asas anteriores longas e estreitas, de coloração acinzentada, com manchas transversais cinza-escuras. As asas posteriores são mais claras. A fêmea oviposita de 200 a 300 ovos. As larvas atingem até 15 mm de comprimento; possuem coloração rosada e pernas e cabeça castanhas; tecem um casulo de seda, em cujo interior empupam. O período de ovo a adulto estende-se por aproximadamente 40 dias. O período de incubação dura cerca de 3 dias, a fase larval 32 dias, a fase de pupa 7 dias, e a longevidade de adultos é de, aproximadamente, 15 dias.

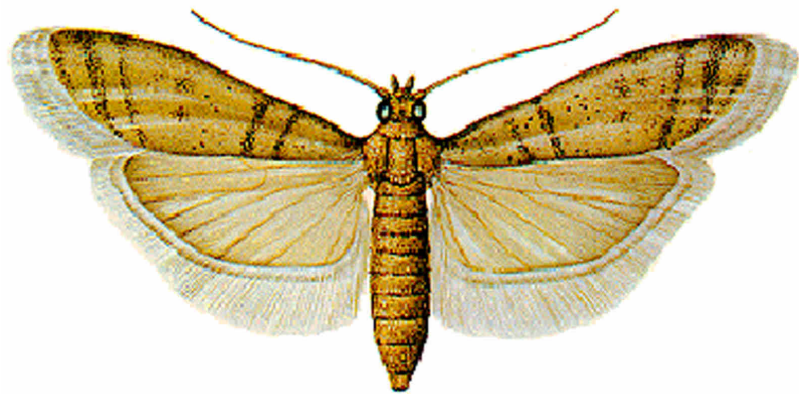
*E. kuehniella* e *E. elutella* são pragas secundárias, pois as larvas se desenvolvem sobre resíduos de grãos e de farinhas deixados pela ação de outras pragas. Seu ataque prejudica a qualidade das sementes armazenadas, devido à formação de uma teia sobre a massa de sementes ou mesmo nas sacarias durante o armazenamento. Penetra no interior das pilhas de sementes, fazendo a postura nas costuras da sacaria ou bags. Esta praga é responsável pela grande quantidade de tratamentos em termonebulização, durante o período de armazenamento dos lotes de semente.

Ilustração: Irineu Lorini



**Figura 14.** Adulto de *Ephestia kuehniella*.

Ilustração: Irineu Lorini



**Figura 15.** Adulto de *Ephestia elutella*.

***Plodia interpunctella* – traça indiana dos cereais**

É uma espécie comum nas regiões tropicais e subtropicais. É praga secundária de grãos de cereais e primária de grãos e outros produtos destinados à moagem. O adulto mede cerca de 18 mm de envergadura e é bem distinto em suas cores; as asas anteriores são de cor amarelada e café, e as posteriores, esbranquiçadas (Figura 16). As larvas podem chegar a atingir 13 mm de comprimento e sua cor vai do branco-amarelado ao branco-esverdeado. A fêmea deposita de 100 a 500 ovos isolados e em grupos nos produtos em que ataca. A larva produz um fio de seda onde se acumulam restos de alimentos e excreções. Dentro de silos, seu ataque é superficial; sua ocorrência maior é em sacos de produtos armazenados, gretas e pequenos esconderijos de paredes e pisos. Seu ciclo de vida é de 26 dias a 30 °C e 70% UR. Seu controle é difícil, uma vez que entra em diapausa durante a fase de pré-pupa, conseguindo sobreviver em períodos de condições adversas de temperatura.

Ilustração: Irineu Lorini



**Figura 16.** Adulto de *Plodia interpunctella*.

### ***Lasioderma serricorne***

É um inseto de cor castanho-avermelhada, que mede de 2,0 a 3,0 mm. O adulto tem forma ovalada, cabeça pequena, coloração castanho-avermelhada, antenas longas inteiramente serradas, élitros sem estrias (lisos) e corpo coberto com fina pubescência (Figura 17). É um inseto-praga associado ao fumo armazenado, sendo que as fêmeas ovipositam nos fardos de fumo, mas não há relatos de oviposição nas folhas de fumo no campo. Logo após a eclosão, as larvas são ágeis e abrem galerias cilíndricas nas folhas do fumo; quando desenvolvidas, consomem áreas extensas das folhas. Além de praga primária do fumo, atualmente, tem-se observado infestações em milho armazenado e em subprodutos de milho, como farinhas, canjicas, fubá, entre outros. O adulto tem capacidade de perfurar embalagens de plástico, causando sérios problemas em produtos alimentícios, como frutos secos, grãos, farelos, farinhas e rações. As condições ótimas de desenvolvimento compreendem temperaturas em torno de 32 °C e 75% UR.

Ilustração: Irineu Lorini



**Figura 17.** Adulto de *Lasioderma serricorne*.



## Métodos de Controle

O manejo das pragas de grãos armazenados depende praticamente de três métodos de controle: inseticidas químicos (tratamento preventivo), inseticidas naturais a base de terra de diatomáceas (tratamento preventivo), e o expurgo com o inseticida fosfina (tratamento curativo). Esses três métodos podem ser usados isoladamente ou em combinação.

### Controle químico com inseticidas protetores (tratamento preventivo)

As sementes e os grãos, após terem sido beneficiados, expurgados ou não, podem ser tratados preventivamente para obter proteção contra o ataque das pragas durante o armazenamento.

Se o período de armazenagem for superior a 60 dias, pode-se fazer este tratamento químico preventivo, que consiste em aplicar inseticidas líquidos sobre os grãos, na correia transportadora ou na tubulação de fluxo do produto, no momento de ensacar ou de armazenar os grãos nos silos. O inseticida aplicado deverá ser homogeneizado, de forma que toda semente receba o inseticida. A homogeneização do inseticida nas correias transportadoras dá-se pelo uso de tombadores que tem objetivo de misturar os grãos tratados. Esse inseticida protegerá os grãos contra o ataque de pragas que tentarão se instalar durante a armazenagem.

Para o tratamento, é necessário instalar adequadamente o equipamento de pulverização, que pode ser específico para armazéns ou adaptado a partir de um pulverizador de campo. Deve-se instalar uma barra de pulverização, sobre a correia transportadora, com 3 até 5 bicos, distribuídos de maneira que todos os grãos recebam o inseticida. Também devem ser colocados tombadores sobre a correia transportadora para que as sementes sejam misturadas quando estiverem passando sob a barra de pulverização. Durante esse processo, devem ser verificadas a vazão dos bicos e a da correia transportadora. Se houver necessidade, deve-se fazer o ajuste de acordo com as doses de inseticidas e de calda por tonelada de sementes.

Os bicos de pulverização devem sofrer inspeção periódica devido a possibilidade de entupimento ou mal funcionamento que pode afetar significativamente a uniformidade de aplicação assim como o volume de calda que deverá ser aplicado. Para se calcular qual a vazão necessária em cada bico, podemos empregar a equação a seguir (Equação 9):

$$\text{Vazão (bico min}^{-1}\text{)} = \text{Volume de calda (ml min}^{-1}\text{)} \times \text{capacidade de transporte da correia (t h}^{-1}\text{)} / (60 \text{ min} \times \text{número de bicos)}$$

(Equação 9)

Um exemplo para simulação do cálculo da vazão pode auxiliar na escolha dos bicos mais adequados. Considerando os dados a seguir de volume de calda desejado de 1.500 ml min<sup>-1</sup>, capacidade de transporte da correia de 200 t h<sup>-1</sup> e considerando três bicos instalados para aplicação do inseticida. Utilizando a fórmula obtêm-se vazão de 1.666,7 ml bico<sup>-1</sup>. Assim, deve-se optar por um bico que apresente capacidade de aplicação do volume desejado por minuto. Para verificar a calibração dos bicos, deve-se medir o volume aplicado utilizando uma proveta graduada e coletar a calda aplicada durante 30 segundos, por pelo menos três vezes (três repetições).

Para verificar se o conjunto de pulverização está aplicando a dosagem correta preconizada pelos fabricantes dos inseticidas, pode-se utilizar a seguinte equação (Equação 10):

**$Dosagem\ de\ inseticida\ aplicada\ (ml\ t^{-1}) = (vaz\tilde{a}o\ total\ dos\ bicos\ x\ dosagem\ de\ inseticida\ desejada\ t^{-1}) / [capacidade\ de\ transporte\ da\ correia\ (t\ min^{-1})\ x\ volume\ de\ calda\ t^{-1}]$**  (Equação 10)

Utilizando como exemplo vazão dos 3 bicos de 2.500 ml min<sup>-1</sup>, dosagem de inseticida desejada de 16 ml t<sup>-1</sup>, capacidade de transporte da correia de 2,5 t min<sup>-1</sup> e volume da calda por tonelada de 1.000 ml, obtém-se exatamente 16 ml t<sup>-1</sup>. Assim, observa-se que o conjunto de pulverização está aplicando a dosagem preconizada pelo fabricante do inseticida.

Para o cálculo do volume de inseticida que será utilizado para mistura no tanque de pulverização, pode-se utilizar a seguinte equação (Equação 11):

**$Volume\ de\ inseticida\ no\ tanque = [capacidade\ do\ tanque\ (ml)\ x\ dosagem\ de\ inseticida\ t^{-1}] / volume\ de\ calda\ por\ tonelada\ (ml\ t^{-1})$**  (Equação 11)

Em um exemplo hipotético desejando aplicar 1,5 litro (1.500 ml) de calda, com 20 ml de inseticida por tonelada de grãos e considerando um tanque de pulverização com capacidade de 300 litros, obtém-se que o volume de inseticida necessário no tanque para os dados acima é de 4.000 ml ou 4,0 litros de inseticida.

Para pulverização protetora dos grãos na correia antes do armazenamento, recomenda-se a dosagem de 1,0 a 2,0 litros de calda por tonelada, a ser pulverizada sobre os grãos, e uso dos inseticidas pirimifós-metílico, fenitrotiona, deltametrina ou bifentrina (Tabela 3), de acordo com a espécie-praga. Não se deve realizar tratamento via líquida na correia transportadora, caso exista infestação de qualquer praga, pois poderá resultar em falhas de controle e início de problema de resistência das pragas aos inseticidas.

Os inseticidas indicados são deltametrina e bifentrina, para controle de *R. dominica*, e pirimifós-metílil, para *S. oryzae* e para *S. zeamais*. Para as demais pragas, geralmente se obtém elevada eficácia usando-se um dos inseticidas indicados na Tabela 3, salientando-se que são poucos trabalhos existentes na literatura que tratam da eficácia de inseticidas sobre outras espécies-pragas, uma vez que, normalmente, não são alvo direto de controle. Detalhes sobre os inseticidas citados, como doses, nomes comerciais, intervalo de segurança, entre outros, podem ser obtidos na Tabela 3.

**Tabela 3.** Inseticidas químicos de contato utilizados na proteção de grãos e sementes de milho armazenado.

Comercial	Inseticidas		Intervalo de Segurança (dias)	Concentração (g/litro ou kg)	Aplicação direta nos grãos (doses/1000 kg)		Aplicação em instalações e sacarias (doses/100 m <sup>2</sup> )	
	Princípio ativo	Dose i.a. (g t <sup>-1</sup> )			Grãos	Sementes	Sacarias	Instalações
K-Obiol 25 EC <sup>1</sup>	Deltametrina	0,35-0,50	30	25,0	14-20 ml	40-80 ml	53-80 ml	53-80 ml
K-Obiol 2P <sup>1</sup>	Deltametrina	00,2	30	2,0	250-500 g	500-1.000 g	-	-
Actellic 500 EC <sup>2</sup>	Pirimifós-metílico	4,0-8,0	30	500,0	8-16 ml	-	50 ml	100-200 ml
Actelliclambda <sup>3</sup>	Lambdacialotrina	0,35-0,50	30	50,0	7-10 ml	-	-	-
Prostore 25 CE <sup>4</sup>	Bifentrina	0,40	30	25,0	16 ml	-	-	-
Piredan <sup>2</sup>	Permetrina	4,03	60	384,0	10,5 ml	-	-	-
Pounce 384 EC <sup>1</sup>	Permetrina	4,0	60	384,0	10,5 ml	-	-	-
Starion <sup>4</sup>	Bifentrina	0,40	30	25,0	16 ml	-	-	-

Insecto <sup>4</sup>	Terra de diatomácea	-	-	867,0	1.000 g	-	-	500-1.000 g
Keepdry	Terra de diatomácea	-	-	860,0	1.000 g	-	-	-

<sup>1</sup> Recomendado para *Sitophilus zeamais*, *Rhyzopertha dominica* e *Sitotroga cerealella* em milho armazenado.

<sup>2</sup> Recomendado para *Sitophilus zeamais* e *Sitotroga cerealella* em milho armazenado.

<sup>3</sup> Recomendado para *Rhyzopertha dominica* em milho armazenado.

<sup>4</sup> Recomendado para *Sitophilus zeamais* e *Rhyzopertha dominica* em milho armazenado.

Fonte: AGROFIT (1998) e ANDREI (2009).

Os inseticidas químicos protetores também podem ser utilizados para aplicações na superfície da massa de grãos em silos e armazéns graneleiros e também em blocos de sacaria, em armazéns convencionais e sementeiros. Esta prática constitui uma medida complementar, quando se conclui o tratamento preventivo na esteira de transporte ou, ainda, após a realização de expurgos à base de fosfina, a fim de evitar a reinfestação dos produtos estocados.

As pulverizações de superfície devem ser renovadas quando da limpeza das instalações. A limpeza das instalações e maquinários deve ser realizada antes da aplicação protetora ou a cada 60 dias, principalmente nas regiões e nas épocas mais quentes do ano, quando a atividade dos insetos é mais intensa. Também nos armazéns convencionais e/ou sementeiros, as aplicações de superfície nas pilhas e blocos de produtos ensacados, oferecem excelentes resultados.

O tratamento espacial das instalações e maquinários também pode ser realizado com termonebulizadores. O tratamento espacial com auxílio de termonebulizadores tem como grande mérito, a eliminação dos insetos adultos nos locais inacessíveis à ação dos pulverizadores, como vigamentos e estruturas do telhado e passarelas, por exemplo. Este tipo de aplicação é indicado no combate às traças, como *S. cerealella*, *P. interpunctela*, *E. kuehniella*, *E. elutella* e *Corcyra cephalonica*.

A operação de termonebulização é realizada com um gerador de neblina, ou seja, com um termonebulizador, utilizando as dosagens recomendadas pelos fabricantes de inseticidas com adição de óleo mineral. Antes da aplicação é necessário proceder a cubagem do ambiente que será nebulizado, determinando o volume do local em metros cúbicos. O uso de óleo diesel não é recomendado devido ao risco de explosão. O volume de um litro de calda inseticida é suficiente para aplicação em aproximadamente 4.000 m<sup>3</sup> de armazém.

### Recomendações gerais para o controle químico com inseticidas protetores

Algumas recomendações básicas devem ser observadas quando do uso de inseticidas protetores em grãos e sementes armazenadas. Tais observações podem afetar diretamente a eficiência dos inseticidas, reduzindo as possibilidades de ocorrência de falhas de controle, contaminação ambiental e exposição e contaminação dos operadores que trabalham com a aplicação destes inseticidas.

- O uso de equipamentos de proteção individual (EPIs) é obrigatório, e deverão ser compostos de um macacão de mangas compridas, chapéu de aba larga, luvas impermeáveis, botas, avental impermeável e máscara apropriada.
- Os grãos de milho só devem receber aplicação de inseticidas após passar por limpeza e secagem.
- Lotes de grãos de milho que apresentem infestação visível não devem ser tratados com inseticidas protetores, e devem ser expurgados previamente a aplicação de inseticida protetor.

- A aplicação de inseticidas protetores deve ser realizada com os grãos de milho em temperatura ambiente. Não deve ser efetuado o tratamento preventivo de grãos recém saídos do secador. A temperatura dos grãos é fonte de degradação dos inseticidas, interferindo na sua eficiência no controle das infestações. O calor remanescente nos grãos, provenientes da secagem, podem gerar condensação da umidade e contribuir para o desenvolvimento de fungos.
- O equipamento de aplicação (pulverizador) deve sofrer manutenção periódica e o volume de calda do tanque deve ser monitorado. A calda inseticida deve ser preparada imediatamente antes do uso e no mesmo dia. Não é recomendado preparar calda com antecedência para aplicações a serem efetuadas no dia seguinte, por exemplo.

## Fumigação ou Expurgo (Tratamento curativo)

A fumigação ou expurgo é uma técnica empregada para eliminar qualquer infestação de pragas em sementes e grãos armazenados mediante uso de gás. Deve ser realizada sempre que houver infestação, seja em produto recém-colhido infestado na lavoura ou mesmo após um período de armazenamento em que houve infestação no armazém. Esse processo pode ser realizado nos mais diferentes locais, desde que seja observada a perfeita vedação do local a ser expurgado e as normas de segurança para os produtos em uso. Assim, pode ser realizado em pilhas de sacos (lotes), silos de concreto e metálico, em armazéns graneleiros, em tulhas, em vagões de trem, em porões de navios, em câmaras de expurgo, entre outros, observando-se sempre o período de exposição e a hermeticidade do local. O gás introduzido no interior da câmara de expurgo deve ficar nesse ambiente em concentração letal para as pragas. Por isso, qualquer saída ou entrada de ar deve ser vedada, sempre com materiais apropriados, como lona de expurgo. Para lotes de sementes ensacadas, é essencial a colocação de pesos ao redor das pilhas, sobre lonas de expurgo, para garantir vedação.

O inseticida indicado para expurgo, pela eficácia, facilidade de uso, segurança de aplicação e versatilidade, é a fosfina (Tabela 4), independentemente da apresentação comercial. No entanto, é importante lembrar que já foram detectadas raças de pragas resistentes a esse fumigante. A fosfina é oferecida comercialmente sob dois diferentes princípios ativos, como fosfeto de alumínio (AIP) e como fosfeto de magnésio (Mg3P2). O fosfeto de magnésio reage mais rapidamente com a umidade do ar ambiente (20% mais rápido) em relação ao fosfeto de alumínio, que é menos higroscópico que o fosfeto de magnésio. Sob temperaturas moderadas e baixa umidade, a completa decomposição pode requerer cinco dias ou mais. Esta reação começa lentamente e vai se acelerando gradualmente, até a completa reação do fosfeto de alumínio ou de magnésio. Cada grama de fosfeto de alumínio ou de magnésio libera um terço de seu peso em fosfina (PH3).

As duas formulações são oferecidas em diferentes formas e embalagens, compreendendo os comprimidos de 0,6 g, diâmetro de 9 mm e superfície esférica; as pastilhas de 3,0 g, diâmetro de 16 mm e superfície esférica; e os sachês compostos por saquinhos permeáveis com 34,0 g de produto na forma de pó seco (Tabela 4).

A fosfina oferece vantagens na sua aplicação para o controle de insetos como a liberação gradual do gás, conferindo maior segurança para o aplicador, facilidade de dosar e aplicar, evitando erros de aplicação, economia de mão de obra na aplicação, não deixa pó residual após o expurgo (em forma de sachês), o gás apresenta densidade similar a densidade do ar, facilitando sua distribuição uniforme no volume expurgado, é de fácil transporte, não afeta a viabilidade de sementes e pode ser gerada in situ pela reação da formulação com a umidade do ar ambiente.

**Tabela 4.** Inseticidas indicados para tratamento curativo (expurgo) de sementes e grãos de milho armazenados.

Nome comercial	Dose (i.a.) (g m <sup>-3</sup> )	Concentração (g i.a. kg <sup>-1</sup> )	Dose comercial (g m <sup>-3</sup> )	Apresentação	Ingrediente ativo	Intervalo de segurança
----------------	-------------------------------------	--	--	--------------	-------------------	------------------------

Gastoxin <sup>1</sup>	2,0	570,0	6,0	pastilhas (3 g), comprimidos (0,6 g) e sache (34 g)	Fosfeto de alumínio	4 dias
Gastoxin-B 57 <sup>2</sup>	2,0	570,0	6,0	pastilhas (3 g), comprimidos (0,6 g) e sache (34 g)	Fosfeto de alumínio	4 dias
Phostek <sup>2</sup>	2,0	570,0	6,0	pastilhas (3 g), comprimidos (0,6 g) e sache (34 g)	Fosfeto de alumínio	4 dias
Fermag <sup>3</sup>	2,0	333,3	6,0	pastilhas (3 g), comprimidos (0,6 g)	Fosfeto de alumínio	4 dias
Fertox <sup>3</sup>	2,0	560,0	6,0	pastilhas (3 g), comprimidos (0,6 g) e sache (34 g)	Fosfeto de alumínio	4 dias
Phostoxin <sup>4</sup>	2,0	560,0	6,0	pastilhas (3 g), comprimidos (0,6 g) e sache (34 g)	Fosfeto de alumínio	4 dias

<sup>1</sup> Registrado para *Cathartus quadricolis*, *Laemophloeus minutus*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Tenebroides mauritanicus*, *Tribolium castaneum*, *Sitophilus zeamais*, *Sitotroga cerealella* e *Plodia interpunctella* em milho armazenado.

<sup>2</sup> Registrado para *Laemophloeus minutus*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Tenebroides mauritanicus*, *Tribolium castaneum*, *Sitophilus zeamais*, *Sitophilus oryzae*, *Sitotroga cerealella* e *Plodia interpunctella* em milho armazenado.

<sup>3</sup> Registrado para *Tribolium castaneum*, *Sitophilus zeamais*, *Sitophilus oryzae* e *Sitotroga cerealella* em milho armazenado.

<sup>4</sup> Registrado para *Sitophilus zeamais* e *Sitotroga cerealella* em milho armazenado.

Fonte: AGROFIT (1998) e ANDREI (2009).

Por outro lado, a fosfina oferece algumas desvantagens para sua aplicação para o controle de insetos, como a necessidade de ambientes herméticos para o sucesso do expurgo, o elevado período de exposição requerido, que varia de 96 a 288 horas, desenvolvimento de resistência pelos insetos, a geração de resíduos dos comprimidos e das pastilhas, que devem ser recolhidos após a fumigação, perigo de autoignição que pode existir no caso de uma alta concentração de fosfina (acima de 27,1 g m<sup>-3</sup>) e problemas de corrosão a metais, como ferro e cobre.

A temperatura e a umidade relativa do ar no armazém a ser expurgado, para uso de fosfina, são de extrema importância, pois determinarão a eficiência do expurgo. O tempo mínimo de exposição das pragas à fosfina deve ser de 168 horas para temperatura superior a 10 °C. Abaixo de 10 °C, não é aconselhável usar fosfina em pastilhas, pois a liberação do gás será prejudicada, afetando o expurgo. Quanto à umidade relativa do ar, deve-se observar que no intervalo de 168 horas seja superior a 25%, desaconselhando-se o expurgo com umidade inferior a 25%. Deve-se associar temperatura com umidade relativa do ar para definir o período de exposição, prevalecendo sempre o fator mais limitante dos dois.

Para o expurgo do milho em espigas com palha, a quantidade recomendada de fosfina é de 10 pastilhas de 0,6 gramas para 15 sacos ou 2 comprimidos de 3 gramas para a mesma quantidade de milho. Para o expurgo de grãos a granel e em sacaria (em sacos de 60 quilos) recomenda-se 2 pastilhas de 3 g m<sup>-3</sup> ou 10 comprimidos de 0,6 g m<sup>-3</sup>, ou ainda 1 sache de 34 g 6 m<sup>-3</sup> (Tabela 4). Recomenda-se ainda que a dosagem seja calculada sempre em função do volume (m<sup>3</sup>) do total a ser ocupado, considerando que o milho possui densidade aparente média de 750 kg m<sup>-3</sup>. O período de exposição dos grãos ao gás fosfina também é de extrema importância para o sucesso do expurgo. Sendo assim, recomenda-se período de exposição, para temperaturas acima de 25 °C, variando de 96 horas para sementes, 120 horas para sacarias, 240 horas para silos metálicos e porões de navios e 280 horas para graneleiros horizontais. Para temperaturas entre 15 °C a 25 °C, recomenda-se prolongar o tempo de exposição em 20% para sacaria, silos metálicos e graneleiros horizontais, exceto para sementes.

**COMO FAZER O EXPURGO:** Para o expurgo do milho, tanto em espigas com palha, sem palha, grãos ensacados ou a granel, o agricultor deve dispor de lona grande, apropriada à operação de expurgo, como as de PVC ou polietileno, com espessura mínima de 150 microns, sem furos, que permita a cobertura do milho com sobra, em todas as laterais, de 20 a 30 cm no mínimo. O local do expurgo deve ser plano, preferencialmente com piso de cimento. Dar preferência a local coberto, para proteção contra a chuva e umidade.

## PROCEDIMENTOS:

1. Pesar ou cubar (determinar o volume) o milho no local do expurgo.
2. Cobrir com a lona, de modo a sobrar, no mínimo, 20 cm a 30 cm em todas as laterais (Figura 18).
3. Fechar as partes laterais da lona com “cobras de areia” ou material pesado, para não permitir a saída de ar (Figura 19). Deixar duas aberturas pequenas nos cantos, em lados opostos.
4. Colocar a fosfina em comprimidos ou pastilhas, de acordo com a quantidade de milho nos dois cantos abertos (Figura 20).
5. Imediatamente após a colocação da fosfina, fechar os cantos abertos com as “cobras de areia”, justapostas para evitar vazamento do gás (Figura 21).
6. Deixar coberto durante o período de exposição recomendado para cada finalidade de produto, para que o expurgo seja efetuado com eficiência.
7. Por medida de segurança, usar o milho de três a quatro dias após o expurgo.
8. O uso dos equipamentos de proteção individual (EPI) é obrigatório. Deve-se utilizar máscara própria para gases e luvas protetoras para fazer o expurgo e repeti-lo a cada três meses ou quando verificar infestação na massa de grãos.

Foto: [Alexandre Esteves Neves](#)



**Figura 18.** Cobertura das sacarias com lona plástica apropriada.

Foto: Alexandre Esteves Neves



**Figura 19.** Cobertura das laterais da lona com “cobras de areia”.

Foto: Alexandre Esteves Neves





**Figura 20.** Aplicação de comprimidos ou pastilhas de fosfina nos cantos abertos da lona plástica.

Foto: Alexandre Esteves Neves



**Figura 21.** Detalhe da colocação das “cobras de areia” de forma justaposta para evitar o vazamento do gás fumigante.

### **Inseticida natural à base de terra de diatomáceas (Tratamento preventivo)**

Métodos alternativos de controle estão sendo enfatizados, a fim de reduzir o uso de produtos químicos, diminuir o potencial de exposição humana e reduzir a velocidade e o desenvolvimento de resistência de pragas a inseticidas. Recentemente disponibilizados no mercado, os pós inertes à base de terra de diatomáceas constituem uma alternativa para o produtor controlar as pragas durante o armazenamento, por meio do tratamento preventivo dos grãos.

O pó inerte à base de terra de diatomáceas é proveniente de fósseis de algas diatomáceas, que possuem naturalmente fina camada de sílica, e podem ser de origem marinha ou de água doce. O preparo da terra de diatomáceas para uso comercial é feito por extração, secagem e moagem do material fóssil, o qual resulta em pó seco, de fina granulometria. No Brasil, apenas dois produtos comerciais, Insecto® e Keepdry®, à base de terra de diatomáceas, estão registrados como inseticidas e são recomendados para controle de pragas no armazenamento de sementes e de grãos.

O tamanho reduzido do corpo dos insetos e seus apêndices longos e delgados resultam em área de grande superfície de evaporação por unidade de volume. Sabe-se que os insetos morrem quando perdem cerca de 30% de seu peso total ou 60% do teor corpóreo de água e que estes são protegidos da

desidratação por uma barreira lipídica epicuticular com espessura média de 0,25  $\mu\text{m}$ . Em virtude dos insetos de produtos armazenados viverem em ambientes cujas condições são muito secas, a conservação de água é crucial para sua sobrevivência.

O pó inerte adere à epicutícula dos insetos por carga eletrostática, levando à desidratação corporal, em consequência da ação de adsorção de ceras da camada lipídica pelos cristais de sílica ou de abrasão da cutícula ou de ambas. Quando as moléculas de cera da camada superficial são adsorvidas pelas partículas de sílica, ocorre o rompimento da camada lipídica protetora, o que permite a evaporação dos líquidos do corpo do inseto.

A atividade inseticida do pó inerte, entretanto, pode ser afetada pela mobilidade dos insetos, pelo número e distribuição de pêlos na cutícula, pelas diferenças quantitativas e qualitativas nos lipídios cuticulares das diferentes espécies de insetos, pelo tempo de exposição e pela umidade relativa do ar, fatores que influenciam a taxa de perda de água, afetando conseqüentemente a eficiência dos pós inertes.

Pesquisas demonstraram que, a terra de diatomáceas pode ser usada diretamente na semente, polvilhando-a no momento imediatamente anterior ao ensaque. A dose empregada é de 1-2 kg de terra de diatomáceas por tonelada de semente (Tabela 2). Esse tratamento é realizado com auxílio de uma máquina desenvolvida especificamente para aplicação do produto, a qual proporciona mistura homogênea do produto com a semente, o que é fundamental para o sucesso do controle de pragas. O produto também pode ser usado para o tratamento de estruturas de armazenamento de grãos e sementes, polvilhando-se as paredes na dose 20 g  $\text{m}^{-2}$  para evitar a infestação externa de pragas.

O tratamento de sementes e/ou grãos com terra de diatomáceas possui algumas vantagens em relação aos demais tratamentos, tais como: a) Controle das diversas pragas que atacam sementes armazenadas; b) Longo efeito residual; c) Segurança para os operadores manusearem o produto, pois é de origem natural; d) Controle de populações de pragas resistentes aos inseticidas químicos e não promove a resistência em insetos.

Trata-se de produto seguro para o usuário e de efeito inseticida duradouro, pois não perde eficácia ao longo do tempo. O uso de pós inertes à base de terra de diatomáceas para controlar pragas em sementes e grãos armazenados é um avanço substancial no setor, pois vem ao encontro das exigências dos usuários por produtos eficientes e que respeitem a saúde das pessoas e o ambiente.

## Controle físico

O controle físico foi um dos primeiros métodos empregados para controlar insetos de produtos armazenados. No entanto, sua utilização foi deixada de lado com a introdução dos inseticidas sintéticos. Este método de controle é uma manipulação do meio físico sobre a população de insetos, diminuindo, eliminando ou reduzindo estas pragas. Os parâmetros físicos referem-se à temperatura, umidade relativa, teor de umidade dos grãos, estruturas que contêm os produtos (silos, graneleiros e armazéns) e pressão no produto (compressão e impacto). Os gases também são componentes do meio físico, mas são considerados agentes de controle químico, classificados como fumigantes.

A limpeza e higienização dos silos e armazéns, depósitos, máquinas, equipamentos, passarelas, poços dos elevadores e demais estruturas nas unidades armazenadoras são absolutamente essenciais e representam um altíssimo percentual no sucesso de um perfeito controle de insetos, fungos e ácaros. Condições de limpeza inadequadas tanto no interior como em torno das unidades armazenadoras, devem ser evitadas a qualquer custo. Para se obter êxito pleno na preparação da nova safra, seria ideal que todo o remanescente de produtos da safra anterior fosse retirado, com o objetivo de eliminar a mais remota possibilidade de existência de focos de infestação. Esses detritos nunca devem ser simplesmente amontoados nas proximidades e sim, queimados de forma controlada, compostados ou enterrados. O uso de ar comprimido e de aspiradores pneumáticos pode contribuir bastante para o bom êxito das operações de limpeza. Após o processo de limpeza, é necessário o tratamento periódico de toda a estrutura armazenadora, com inseticidas protetores de longa duração, para evitar reinfestações de insetos.

A temperatura da massa de grãos é afetada por vários fatores, os quais podem ser controlados ou modificados para maximizar o controle físico das pragas de grãos armazenados (Tabela 5). A temperatura ótima para a fecundidade e o desenvolvimento dos insetos de produtos armazenados está entre 25 °C e 33 °C. À baixa temperatura, a fecundidade é reduzida e os insetos desenvolvem-se mais lentamente. Uma maneira eficaz de controle da temperatura da massa de grãos é feita pela aeração. O processo de aeração força o movimento do ar, em condições próximas ao ambiente, pelos grãos armazenados para trazê-los para uma temperatura uniforme, próxima da temperatura do ar ambiente. A aeração normalmente tem pouco efeito no conteúdo de água dos grãos armazenados, porque a quantidade de ar requerida para modificar a temperatura do grão é muito menor que a necessária para diminuir o teor de água do grão.

O efeito da aeração na massa de grãos pode ser mais bem compreendido se considerar a massa de grãos como um ecossistema onde os grãos, a microflora e os insetos são seus principais componentes bióticos; e o ar intergranular, as impurezas e matérias estranhas são os seus principais componentes abióticos. A interação entre esses componentes é afetada pelas condições ambiente, podendo causar a deterioração dos grãos. A aeração tem como principal objetivo modificar o microclima, tornando-o desfavorável ao desenvolvimento de organismos nocivos que atacam os grãos armazenados e, ao mesmo tempo, criar condições favoráveis para a preservação da qualidade dos grãos durante o período de armazenamento.

**Tabela 5.** Resposta dos insetos a temperaturas extremas.

Faixas	Temperatura (°C)	Efeito
Letal	50-60	Morte em minutos
Sub-ótima	45	Morte em horas
Ótima	35	Interrompe o desenvolvimento
Sub-ótima	33-35	Desenvolvimento lento
Letal	25-33	Taxa máxima de desenvolvimento
	13-25	Desenvolvimento lento
	13-20	Interrompe o desenvolvimento
	5 -10 a 5	Morte em dias (aclimatado), interrompe o movimento
		Morte em semanas a meses (aclimatado)

Fonte: LOECK (2002).

## Consequências do ataque de insetos

Os insetos se alimentam dos grãos e provocam grandes perdas, as quais podem ser consideradas sob diferentes aspectos.

### 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. A esses índices de carunchamento corresponderam reduções no peso de 3,1%, 10,4% e 14,3%. 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 e/ou pela traça, há um correspondente de perda de peso, o qual varia, 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; OLIVEIRA, 1991). Mais informações sobre método para estimar o percentual de redução de peso em um lote de grãos podem ser obtidas na publicação disponibilizada na página da Embrapa Milho e Sorgo: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/30659/1/ct-6.pdf>

## 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. Todas as fases de desenvolvimento do caruncho (gorgulho) do milho, *S. zeamais*, causaram redução significativa na germinação, sendo a redução em função da idade do inseto no interior da semente (SANTOS et al., 1990).

Estudos apontam que 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% (SANTOS et al., 1990).

## Perda do valor nutritivo

A infestação por insetos-praga pode reduzir o valor nutritivo do milho durante o armazenamento. 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 proteico 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.

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 73,70 g, sendo que essa quantidade garantiu um ganho de peso de 4,58 g, 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 (46,71 g) e provocou uma redução de 1,442 g, ou seja, 31%, no peso inicial dos ratos.

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 digestibilidade da dieta da qual fez parte o milho de pior qualidade. 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.

Em outra pesquisa, 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 do grão de milho passou de 78,47% para 33,30%. 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.

## **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, definidos através de padrões pré-fixados representados por tipos de valores decrescentes. A classificação do milho é feita com base em normas ditadas pela Portaria nº 845 de 08/11/1976 e portaria SDR nº 11 de 12/04/1996 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Seu objetivo é determinar a qualidade do produto, garantindo a comercialização por preço justo. Assim, paga-se mais por um produto de melhor qualidade e penaliza-se o de qualidade inferior.

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 AP.

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.

No sudoeste Paranaense, frequentemente 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 acima de 18% de umidade.

Estudos foram realizados 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. Observou-se que em apenas 13% das propriedades o milho foi classificado como Tipo 1. Apresentou Tipo 2 também em outros 13% das propriedades. Entretanto, observou-se 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 se somar 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 CLASPAR, órgão da Secretaria de Agricultura do Estado do Paraná na época, que realizou 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.

## **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.

## 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 22). Os fungos são propagados por esporos, que têm nos insetos-pragas de grãos um dos principais agentes disseminadores.

Foto: Fabrício Eustáquio Lanza



**Figura 22.** Espigas e grãos colonizados por 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 e água, 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.

Pesquisas realizadas na Embrapa Milho e Sorgo demonstraram que o controle dos 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. Estudos da Embrapa Milho e Sorgo avaliam cultivares de milho quanto a resistência a grãos ardidos ([http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2010/circular/Circ\\_154.pdf](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2010/circular/Circ_154.pdf))

## 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.

## Influência da cultivar na qualidade dos grãos

De modo geral, as cultivares que produzem grãos 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.

## 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.

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.

## **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.

## **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.

### **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 (Tabela 6). 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 em relação às condições do ar intergranular. 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.

### **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 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 conseqüente perda de peso podem ser observadas na Tabela 6. 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 5,4 t. 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 0,2 t. 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.

**Tabela 6.** Influência do resfriamento na perda de matéria seca, considerando 1.000t de milho a 15% de umidade e tempo de armazenamento de 30 dias.

Condições ambientais	Temperatura	Perda de matéria seca (%)
Temperatura ambiente alta	35 °C	0,54 (=5,4 t.)
Temperatura ambiente baixa	25 °C	0,12 (=1,2 t.)
Grãos resfriados	10 °C	0,02 (=0,2 t.)

Fonte: HEINRICH (1989). Dados para regiões de clima temperado.

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 °C 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 °C 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 7. 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. 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 °C 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 °C 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 7. 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.

**Tabela 7.** Tempo de duração, ou intervalo necessário para novo resfriamento para garantir a qualidade do milho, a partir de uma refrigeração inicial de 10 °C.

Teor de umidade do grão (%)

Tempo até novo resfriamento

12,0-15,0	Aproximadamente 8 a 12 meses
15,5-17,5	Aproximadamente 6 a 10 meses
17,5-18,5	Aproximadamente 4 a 6 meses
18,5-20,0	Aproximadamente 1 a 4 meses
20,0-23,0	Aproximadamente 2 a 8 semanas

---

Fonte: HEINRICH (1989).

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.

## 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.

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.
- a 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, pirimifós-metílico e bifentrina, 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. Esta fumaça, de baixa densidade, carrega as

micropartículas de inseticida para os pontos mais altos da unidade armazenadora, onde normalmente não são atingidos por pulverização. Este 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.

## Formas de armazenamento e recomendações para reduções de perdas

Os insetos-pragas e fungos 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.

### 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, geralmente, 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 nestas 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.

### Silagem de grãos úmidos

A silagem de milho preparada com grão úmido, cujo teor de umidade deve estar entre 30 e 35%, é uma técnica diferente da silagem feita a partir da planta inteira picada. Neste 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.

### Armazenamento a granel

O armazenamento de milho a granel, em estruturas com sistemas de termometria e aeração forçada, é o método que permite 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. Pesquisadores da Embrapa Milho e Sorgo introduziram modificações (cobertura com laje pré-fabricada) em um silo de alvenaria que viabiliza o armazenamento de 100 a 200 toneladas de milho a granel, em fazendas, 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 está na possibilidade de se armazenar o milho colhido com 13 a 14% de umidade, completar a secagem com aeração natural e fazer o expurgo após os silos terem sido carregados e quando for observada infestação por insetos-praga. Alguns modelos de silo para armazenamento a granel podem ser obtidos no endereço: <http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/suino/comtec/cot181.pdf>

O expurgo com fosfina, na dose recomendada (Tabela 4), é um método de comprovada eficiência para se controlar os insetos no milho armazenado a granel. Recomenda-se, a partir de resultados de pesquisas, que a operação de expurgo no armazenamento do milho a granel deve ser repetida a cada três meses. A aplicação de inseticida aos grãos, seguindo-se as doses recomendadas na Tabela 2, também garante o controle dos insetos.

### Armazenamento em sacaria

O armazenamento de milho em sacaria, em armazéns convencionais, pode ser empregado com sucesso, desde que as estruturas 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 2 e 3. Nesse tipo de armazenamento, as perdas que ocorrem devido ao ataque de insetos podem ser minimizadas, porque os métodos para seu controle são eficientes.

### Armazenamento hermético

O armazenamento em ambiente hermético é também uma alternativa não química para o armazenamento de grãos secos a granel. Neste 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 sobrevivem e os fungos não se multiplicam e, portanto, não haverá nenhum dano aos grãos durante todo o período de armazenagem. O mercado hoje oferece um produto chamado "SILO BAG®" que é constituído de uma máquina para transporte de grãos e uma bolsa plástica que fecha muito bem, criando um ambiente hermético.

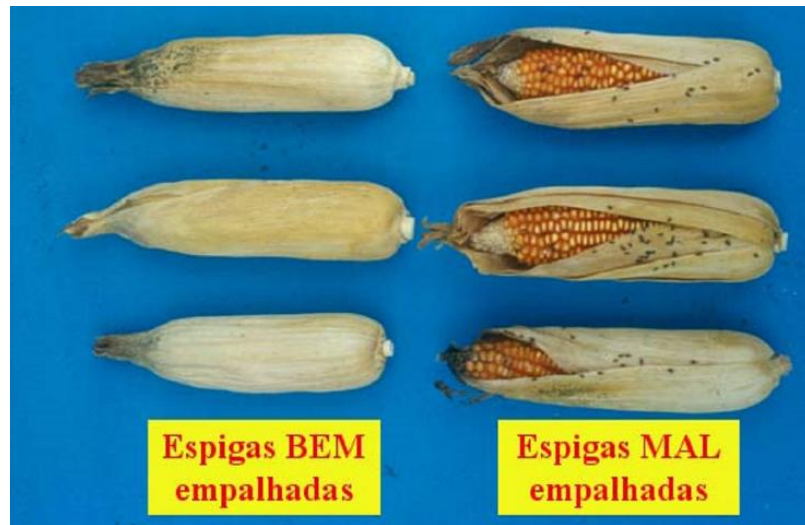
### Armazenamento em espigas

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*, *Sitophilus oryzae* e *Sitotroga cerealella* provocam perdas que atingem até 15% (SANTOS et al., 1983) do peso. Essas pragas comprometem, ainda, a qualidade nutritiva do milho.

O armazenamento de milho em espigas sempre foi adotado 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 23) da espiga atua como uma proteção natural dos grãos contra as pragas enquanto que o mal empalhamento favorece o ataque de pragas (Figura 24).

Foto: Jamilton Pereira dos Santos



**Figura 23.** Proteção grãos pela cobertura da espiga.

Foto: Simone Martins Mendes



**Figura 24.** Danos por pragas em espigas mal empalhadas.

Como desvantagens do armazenamento em espigas, podem-se citar:

- Maior dificuldade de controle dos insetos.
- Maior espaço requerido para armazenamento, devido ao maior volume estocado.
- Aumento da mão de obra para manuseio no momento da utilização.

O expurgo com fosfina, sob lonas plásticas, 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 tábua, de tela ou de madeira roliça, 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 modelos de paióis que permitem realizar a fumigação após o armazenamento.

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.

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 25) surgiu, 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 através de 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;

Foto: Jamilton Pereira dos Santos



**Figura 25.** Paiol Balaio de Milho.



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 m<sup>3</sup>, 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 publicado pela Embrapa Milho e Sorgo (SANTOS, 2008). Maiores informações sobre a construção e uso do paiol "Balaio de Milho" estão disponíveis no endereço: [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2008/circular/Circ\\_99.pdf](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2008/circular/Circ_99.pdf)

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 avaliada a eficiência do inseticida piretroide deltametrina (0,2%) na formulação em pó no controle de insetos-pragas de milho armazenado em espigas (Figura 26). Resultados obtidos em pesquisas conduzidas em Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, indicaram que o uso do deltametrina (0,2%) na formulação em pó, reduziu o dano médio por insetos em aproximadamente quatro vezes.

Foto: Simone Martins Mendes



**Figura 26.** Espigas de milho polvilhadas com inseticida em pó para proteção do milho no paiol.

**Autores deste tópico:** Evandro Chartuni Mantovani, Irineu Lorini, Jamilton Pereira dos Santos, Marco Aurelio Guerra Pimentel, Marcos Jose de Oliveira Fonseca

## Mercado e comercialização

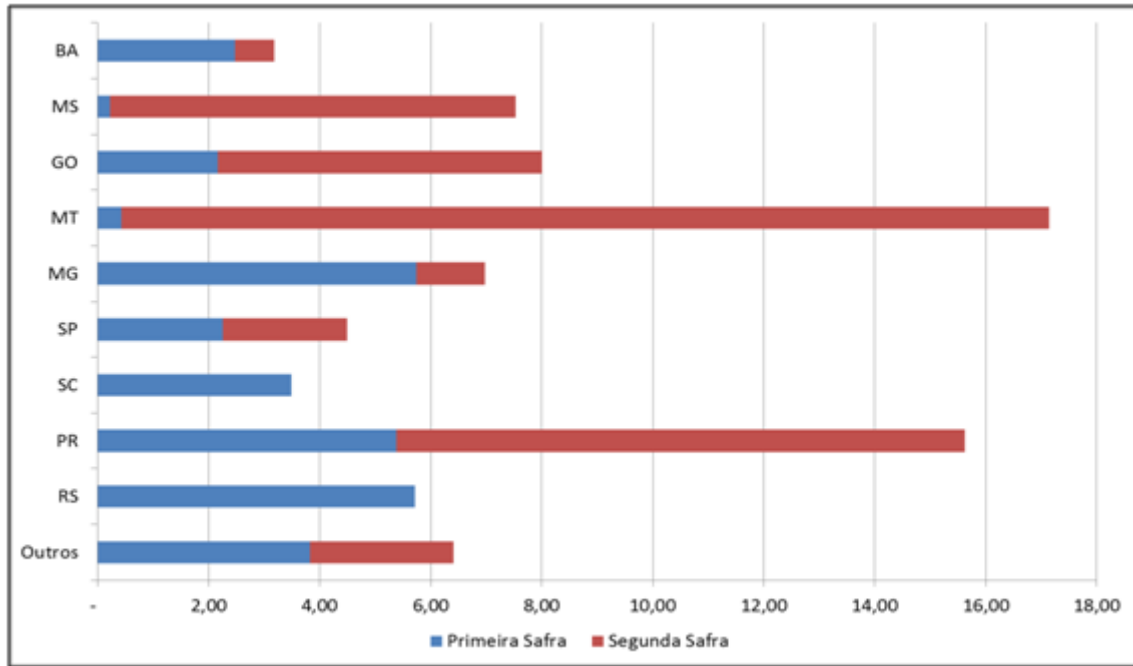
## Produção

A produção de milho no Brasil, juntamente com a de soja, contribui com cerca de 80% da produção de grãos. A diferença entre as duas culturas está no fato de que a soja tem liquidez imediata, dadas as suas características de "*commodity*" no mercado internacional, enquanto que milho tem sua produção voltada para o abastecimento interno, embora recentemente a sua exportação venha sendo realizada em quantidades expressivas e contribuindo para maior sustentação dos preços internos. Apesar disso, o milho tem evoluído como cultura comercial apresentando, nas últimas décadas, taxas de crescimento da produção de 3,0% ao ano e da área cultivada de 0,4% ao ano.

Os Gráficos 1 a 3 retratam a produção de milho por estado na safra 2013/2014. No Gráfico 1, de barras, estão retratadas as produções estaduais obtidas nas lavouras da primeira safra (safra de verão) e da segunda safra (safra inverno ou safrinha). Apesar da queda de 16% na produção decorrente, principalmente, da estiagem, o Estado de Minas Gerais ainda é o maior produtor de milho na safra verão 2013/14, produzindo 5,74 milhões de toneladas, seguido do Rio Grande do Sul, com 5,71 milhões de toneladas, e Paraná, 5,38 milhões de toneladas. No que se refere à safra de inverno, a maior produção continua com o Mato Grosso, que produziu 16,72 milhões de toneladas, 2,7 milhões de toneladas a menos que em 2012/13, e o Paraná ficou novamente na segunda posição, com 10,24 milhões de toneladas.

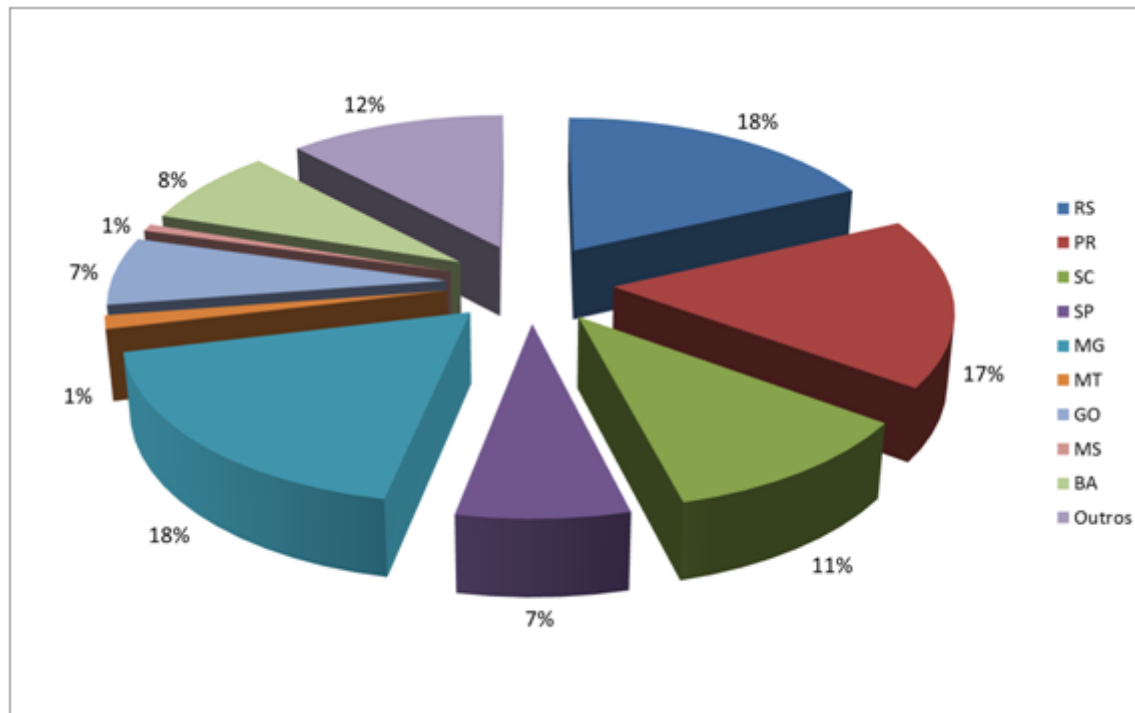
Os Gráficos 2 e 3 apresentam a participação relativa dos estados na produção de milho na primeira e segunda safra. A baixa produção do milho na safra verão no Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, 1% de participação em ambos os estados, decorre do fato de que a cultura do milho é rotacionada com a soja. Assim, a soja é plantada na safra verão e o milho é plantado na safra de inverno. Essa sucessão de culturas ocorre por motivos agronômicos, de conservação do solo, e por motivos comerciais. O Estado de Minas Gerais, em 2013/14, foi o maior produtor de milho na safra verão, 18% do total, mas a produção na safra de inverno ainda é irrelevante, apenas 3%. O Estado do Mato Grosso produziu 36% da produção nacional de milho na safra de inverno; entretanto, como dito antes, possui uma participação insignificante na produção da safra verão.

**Gráfico 1.** Produção estadual de milho no Brasil em 2013/14 em milhões de toneladas - principais produtores.



Fonte: CONAB

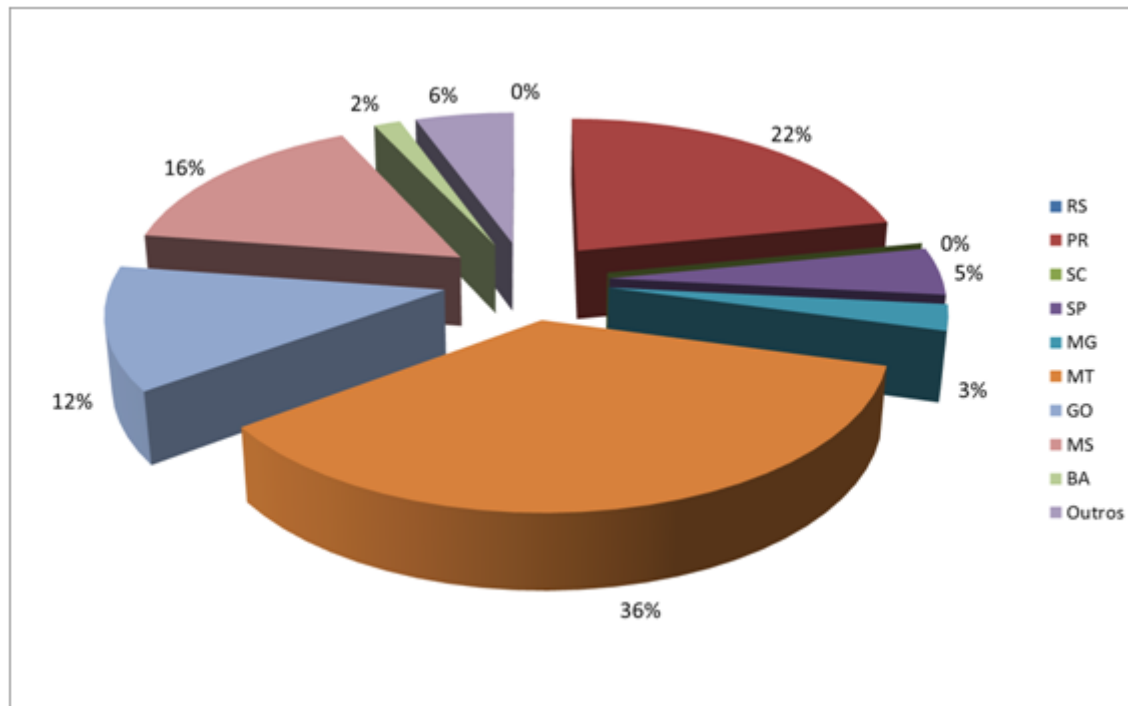
**Gráfico 2.** Participação estadual na produção de milho no Brasil, primeira safra 2013/2014 em milhões de toneladas - principais estados produtores



Fonte: CONAB

Verifica-se, no Gráfico 2, que 88% da produção de milho em grão no Brasil, na safra verão de 2013/2014, foi produzida em 9 (nove) estados, sendo apenas Bahia o único estado fora da região Centro-Sul. Em relação à safrinha, a produção é ainda mais concentrada. No Gráfico 3, observa-se que 94% da produção foi realizada por apenas sete estados, sendo que somente Mato Grosso, Paraná, Goiás e Mato Grosso do Sul produziram juntos 86% da produção nacional na segunda safra.

**Gráfico 3.** Participação estadual na produção de milho no Brasil, segunda safra 2013/2014 em milhões de toneladas - principais estados produtores.



Fonte: CONAB

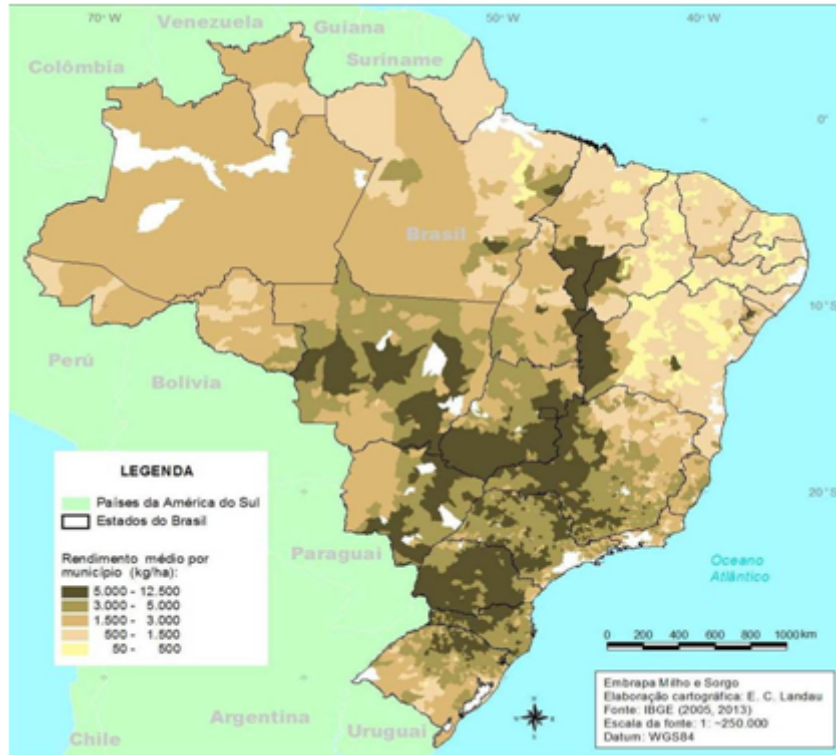
As figuras 1, 2 e 3 apresentam as produtividades médias municipais na primeira safra em 2003/04, 2007/08 e 2010/11. Observa-se nas Figuras o avanço das áreas de maior produtividade no Centro-Sul do Brasil, assim como na região do Matopiba. Em 2010/11 a produtividade em praticamente todo o Estado do Paraná encontra-se na faixa de 5 a 12 toneladas por hectare. Os estados da região Centro-Oeste merecem destaque, pois obtiveram produtividades médias altas, no patamar dos estados da região sul, mesmo com a predominância da safra de inverno na produção. Estes estados têm se caracterizado por produzir milho em áreas grandes, com o uso de tecnologias modernas e sementes de alta qualidade e potencialidade, o que favorece o crescimento da produtividade desses estados. Outro fator que tem impulsionado o crescimento de milho na região Centro-Oeste, e em especial no Estado de Goiás, é a ampliação do parque industrial (principalmente o dedicado à criação e processamento de carnes de aves e suínos), em direção à região de cerrado, que utiliza milho como insumo. Por outro lado, o uso da cultura de milho no sistema de plantio direto também tem favorecido os níveis de produção e produtividade nesta região.

**Figura 1.** Distribuição da produtividade média municipal de milho no Brasil na primeira safra 2003/04.



Fonte: IBGE

**Figura 2.** Distribuição da produtividade média municipal de milho no Brasil na primeira safra 2007/08.



Fonte: IBGE

**Figura 3.** Distribuição da produtividade média municipal de milho no Brasil na primeira safra 2010/11.



Fonte: IBGE

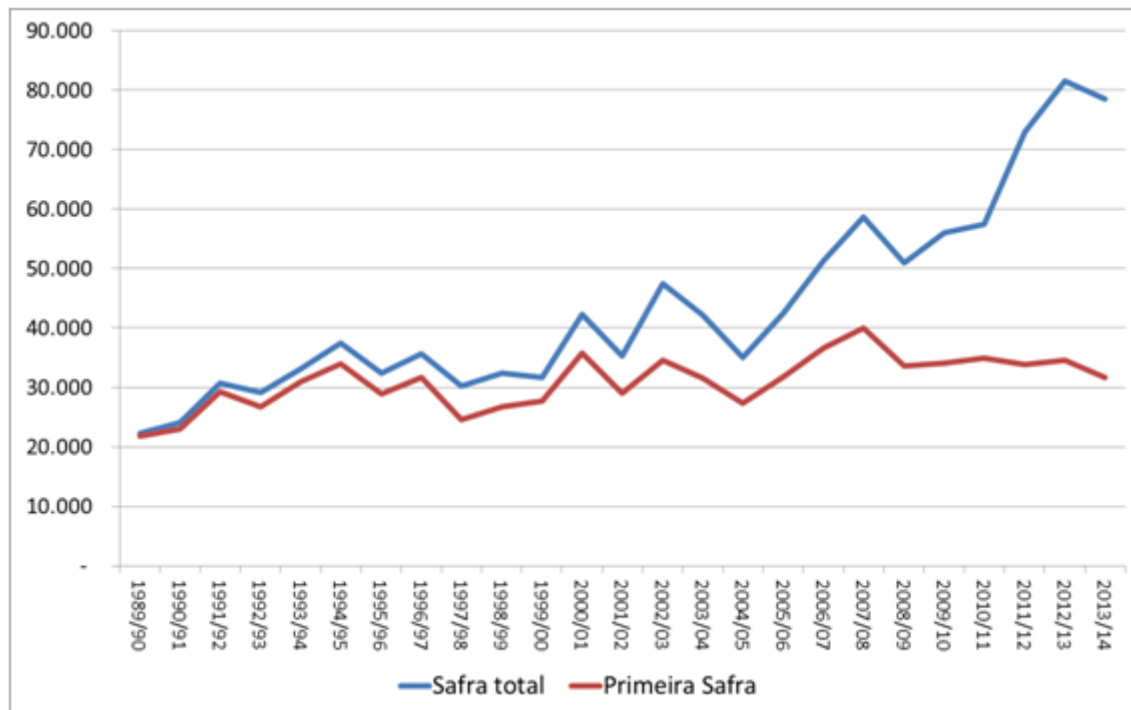
A segunda safra de milho foi introduzida pelos agricultores com o objetivo de se ter mais uma opção de cultivo para o período de inverno. Em alguns estados ela se tornou tão importante que substituiu quase que completamente o cultivo do trigo. Dois fatores foram importantes para que isto acontecesse. O primeiro está relacionado às necessidades técnicas de sucessão de cultura com soja e de produção de cobertura morta para o solo no sistema de plantio direto, assim, o milho safrinha, na maioria das vezes, passou a ser plantado em sucessão à soja, logo após a colheita desta. O segundo diz respeito à crescente pressão de demanda por milho, principalmente no período de "entressafra", causando, conseqüentemente, elevação dos preços destes grãos no período.

Com o aumento da importância da soja no mercado internacional, esta passou a disputar com o milho áreas para cultivo de verão, levando mais produtores a optarem pelo cultivo da soja no verão e do milho na segunda safra. No Gráfico 4, pode-se observar a evolução da produção de milho no Brasil a partir da safra 1989-1990. Nota-se que no início dos anos noventa passou a existir uma diferença entre o total produzido na primeira safra e o total produzido em cada ano no Brasil. Esta diferença é a quantidade produzida na segunda safra, e como pode ser visto no gráfico, tem crescido sistematicamente desde que se começou a ter estatísticas sobre esta época de cultivo de milho. Essa diferença se acentuou ao ponto de que, na safra de 2011/12, pela primeira vez a produção da segunda safra, 38,56 milhões de toneladas, ultrapassou a produção da safra verão, 34,22 milhões de toneladas. Essa situação não apenas se estabeleceu desde então, como também tem se acentuado a diferença entre as duas safras. Em 2012/13, se



colheu 34,6 milhões de toneladas na primeira safra e 46,9 milhões de toneladas na segunda safra. A diferença aumentou em 2013/14, pois a produção na primeira safra caiu para 31,7 milhões de toneladas e a colheita na segunda safra foi apenas 150 mil toneladas menor que no ano anterior.

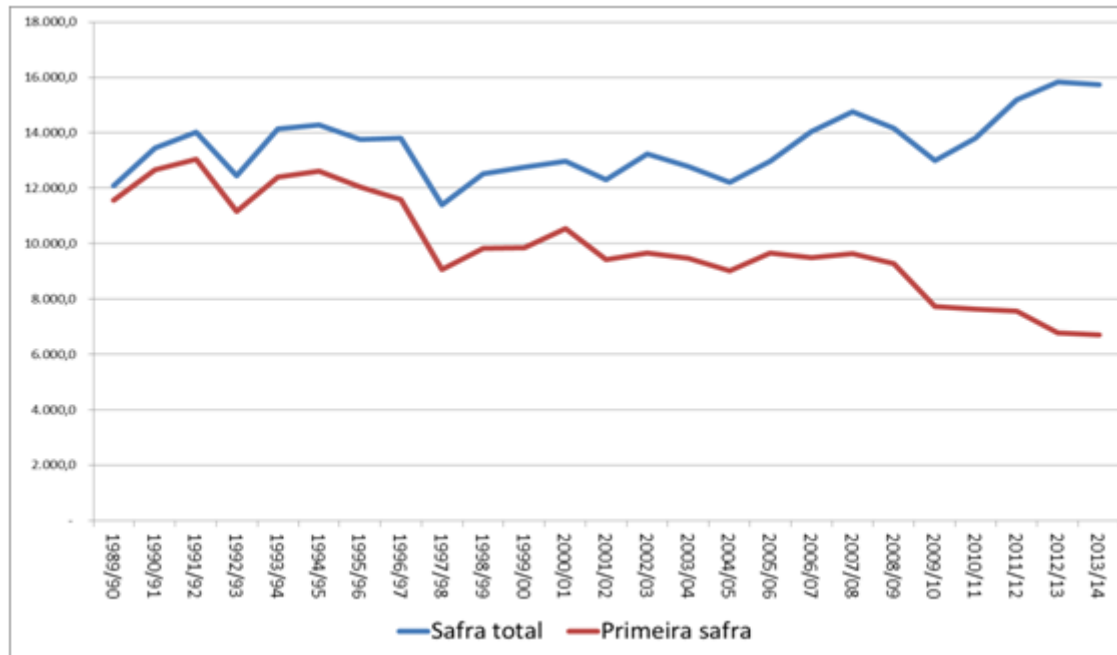
**Gráfico4.** Evolução da produção de milho no Brasil na primeira safra e total, 1989/90 a 2013/14 – 1.000 toneladas.



Fonte: CONAB

No Gráfico 5, tem-se representada a evolução da área plantada com milho para o mesmo período anterior. O comportamento de aumento de uso de área com milho na segunda safra também pode ser constatado. Observa-se no gráfico que a segunda safra foi responsável não apenas da manutenção da área plantada em torno de 12 a 14 milhões de hectares cultivados com milho nas duas últimas décadas, como também possibilitou o plantio de quase 16 milhões de hectares em 2012/13 e 2013/14. Se não fosse isso, a área usada com cultivo de milho já poderia estar abaixo de níveis de 10 milhões de hectares desde 1998, conforme pode-se ver na linha que diferencia a área utilizada na primeira safra no gráfico. A queda na área plantada na safra verão nos últimos 4 anos foi mais do que compensada com o aumento considerável da área plantada na safra de inverno, tanto que, em 2011/12, pela primeira vez, a área plantada de milho no Brasil ultrapassou os 15 milhões de hectares.

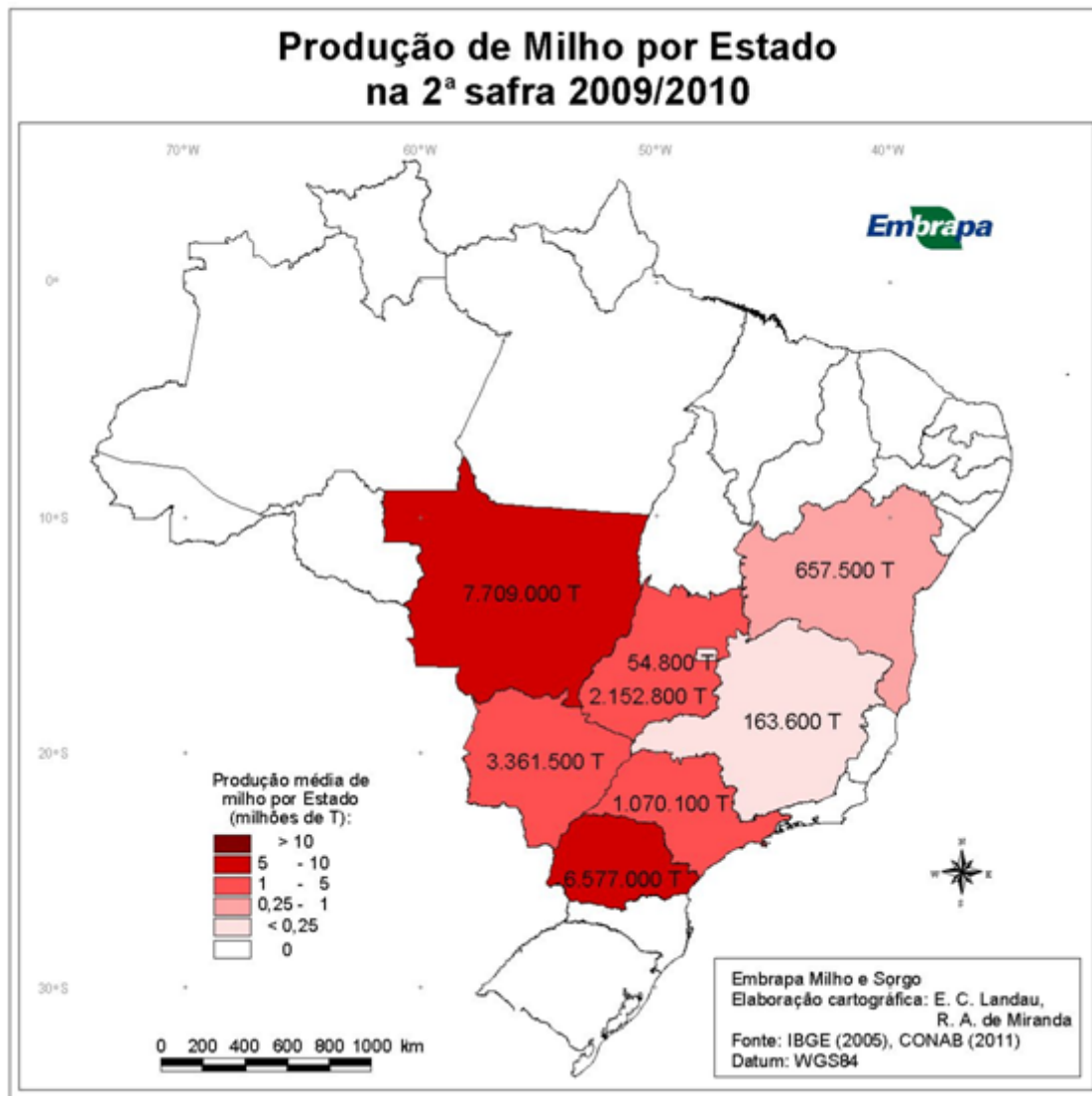
**Gráfico5.** Evolução da área plantada com milho no Brasil na primeira safra e total, 1989/90 a 2013/14 – 1.000 hectares.



Fonte: CONAB

Na Figura 4 é retratada a produção de milho dos estados na segunda safra. O Estado do Mato Grosso aparece como o maior produtor, passando a ser seguido pelo Estado do Paraná e pelos estados do Centro-Oeste, Mato Grosso do Sul e Goiás. Isto caracteriza bem as informações acima com respeito ao cultivo do milho em sucessão à soja e a sua importância para o sistema de Plantio Direto. Na região Centro-Oeste, onde está localizada 48,4% da região do Cerrado brasileiro, o cultivo da soja teve uma expansão muito rápida, no que diz respeito ao uso de áreas, aumento da produção e produtividade das lavouras. Com isso, aumentou a necessidade de ter uma cultura para rotação, e o milho é esta cultura por excelência. Por outro lado, dadas as características dos solos desta região, o uso de sistema de Plantio Direto teve rápido crescimento, por aumentar a proteção destes solos e, conseqüentemente, a qualidade dos indicadores deste solos, melhorando o desempenho dos mesmos quanto ao aumento da produtividade das lavouras. Com respeito à produção nos estados de Minas Gerais e Bahia, elas estão restritas a regiões mais próximas às características de Cerrado, isto é, oeste de ambos estados.

**Figura 4.** Produção de milho safrinha no Brasil, 2009/2010.



Fonte: IBGE

## Destino da produção

A produção brasileira de milho em grãos tem dois destinos. Primeiro, o consumo no estabelecimento rural, refere-se àquela parcela do milho que é produzida e consumida no próprio estabelecimento, destinando-se ao consumo animal em sua maior parte e também ao consumo humano; segundo, à

oferta do produto no mercado consumidor, onde se tem fluxos de comercialização direcionados para fábricas de rações, indústrias químicas, mercado de consumo *in natura* e exportações, quando é o caso.

Segundo dados do censo agropecuário de 2006 (IBGE, 2006), 27,3 % da produção de milho é consumida na propriedade, sendo que 86,6% dos estabelecimentos realizam esta prática. Ainda são estocados 2,5% da produção em 1,6% dos estabelecimentos que produzem este grão. Não se pode afirmar que a produção estocada na propriedade é toda consumida internamente, nem que é toda comercializada, mas pode-se dizer que este milho estocado participa dos dois tipos de destino da produção. Por outro lado, 69,9% da produção de milho é comercializada, com fluxos direcionados às vendas para cooperativas, indústrias, intermediários e diretamente aos consumidores. (veja Tabela 1).

**Tabela 1.** Destino da Produção de Milho em Grãos. Censo Agropecuário do IBGE de 2006.

Destino da produção	Produção	Número de Estabelecimentos	Produtividade t/ha
Consumo no Estabelecimento	27,3%	86,6%	2,93
Estocada no Estabelecimento	2,5%	1,6%	4,01
Cooperativa	24,5%	5,1%	4,52
Indústria	20,5%	1,4%	4,66
Intermediário	23,1%	19,5%	3,27
Direto ao Consumidor	5,8%	7,1%	3,35

**Fonte:** Censo Agropecuário do IBGE de 2006.

Na análise de dados da produção de milho destinado ao mercado, alguns pontos devem ser destacados. Um deles é a importância do intermediário como agente de comercialização, que ainda é muito grande no mercado de milho. Conforme constatado no Censo de 2006, os intermediários movimentavam a comercialização do maior volume de milho transacionável no mercado, 23,10 % da produção nacional. Porém, os estabelecimentos que usam este meio para venda das suas produções têm produtividade média baixa, 3,27 t/ha, quando comparada com os estabelecimentos que usam as cooperativas e indústrias para escoar suas produções (ver Tabela 1), produtividades respectivas de 4,52 e 4,66 t/ha.

Apesar do Brasil não ter tradição de exportador e importador de milho em grãos, sempre se pensou neste país como com potencial para participar do mercado externo. Esse potencial tem se concretizado nos anos recentes, com as exportações brasileiras chegando à participação de quase 25,91% do comércio mundial na safra 2012/2013 (Tabela 2). A alta participação do Brasil no comércio internacional de milho em 2013 deve-se à seca que afetou a produção mundial de milho em 2013, somente os EUA tiveram uma quebra histórica superior a 100 milhões de toneladas.

**Tabela 2.** Participação do Brasil no mercado Mundial de Milho (mil t), 2009 a 2014.

Milho em Grão, com Casca					
Participação do Brasil na Exportação e Importação Mundial					
	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14
Comércio Mundial (mil ton)	92.950	91.709	103.723	100.513	126.950

			Cultivo do Milho		
Exportação Brasil (mil ton)	8.623	11.582	12.674	26.044	22.000
Participação Brasil (%)	9,28%	12,63%	12,22%	25,91%	17,33%
Importação Brasil (mil ton)	1.133	287	937	871	800
Participação Brasil (%)	1,22%	0,31%	0,90%	0,87%	0,63%

Fonte: USDA

Seguindo a tendência mundial, em que grande parte da produção de milho é direcionado a alimentação animal, o Brasil tem nesse segmento o seu grande mercado consumidor. Em 2010/11, 72% da produção doméstica de milho foi utilizado para alimentação animal. A partir de 2011/12, com os grandes acréscimos na produção de milho, a participação relativa do consumo animal caiu.

No consumo de milho destinado a animais, estima-se que, entre 2006/07 e 2013/14, 54% a 58% foi direcionado ao setor avícola; 26% a 29% à suinocultura; 8% a 11% à pecuária, principalmente à de leite, (a produção de leite é crescente em Goiás, região onde há disponibilidade de matéria-prima para ração na época seca do ano); e 5% a 7% foi usado para fazer ração para os outros animais.

O mercado interno de milho está muito atrelado ao comportamento da produção animal. Pode ser observado na Tabela 3, que o consumo de milho para alimentação animal tem oscilado entre 76% e 78% consumo doméstico total nos últimos anos, em relação ao consumo doméstico total. Essa estabilidade também é observada no consumo industrial que oscilou entre 4% e 5,5% entre 2006/07 e 2013/14. Em termos absolutos, tem aumentado em quase todos os segmentos, com destaque para o consumo animal, que aumentou 38,85% no período, referente a 12,8 milhões de toneladas.

**Tabela 3.** Brasil - Consumo de milho por segmento. (em milhões t).

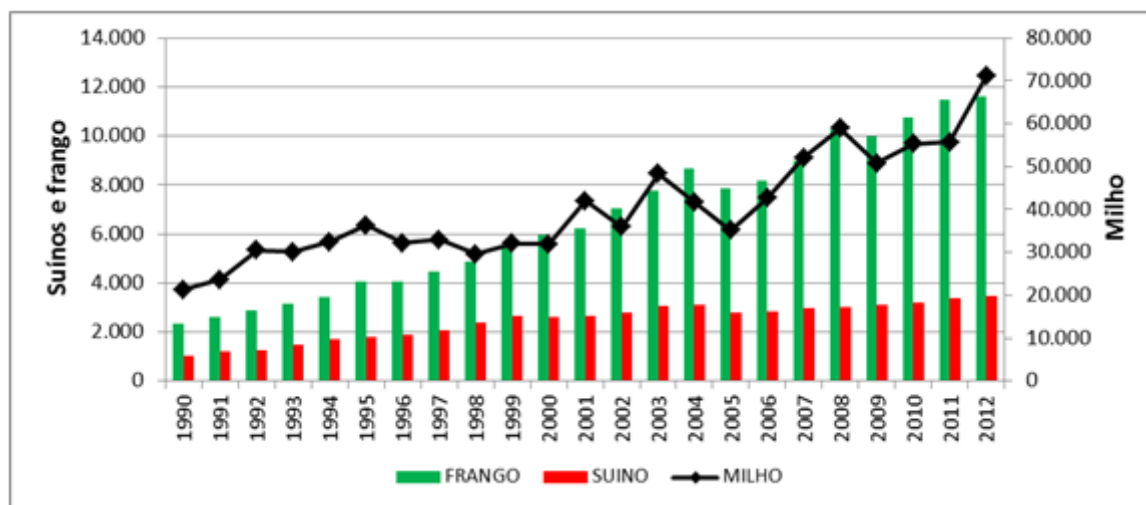
SEGMENTO	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14
Consumo animal	32,94	35,24	35,23	36,87	38,83	40,30	43,45	45,74
- Aves de corte	15,18	16,08	16,01	16,76	19,13	19,80	21,48	22,77
- Aves de postura	2,80	3,01	3,07	3,22	3,28	3,39	3,66	3,79
- Suinocultura	9,70	10,39	10,40	10,90	10,67	10,94	11,65	12,14
- Bovinocultura	3,50	3,87	3,88	4,03	3,19	3,43	3,68	3,87
- Outros animais	1,76	1,89	1,88	1,95	2,57	2,75	2,98	3,18
Consumo industrial	4,25	4,35	4,35	4,42	4,64	4,87	5,21	5,70
Consumo humano	1,71	1,80	1,83	1,85	1,87	1,89	1,88	1,87
Sementes/perdas/outros	4,45	4,51	4,36	4,36	4,32	5,37	6,35	5,75

Exportação	10,92	6,38	7,78	10,82	9,49	19,80	26,62	20,00
<b>Consumo total</b>	<b>54,28</b>	<b>52,28</b>	<b>53,55</b>	<b>58,32</b>	<b>59,14</b>	<b>72,23</b>	<b>83,52</b>	<b>79,06</b>

Fonte: Céleres

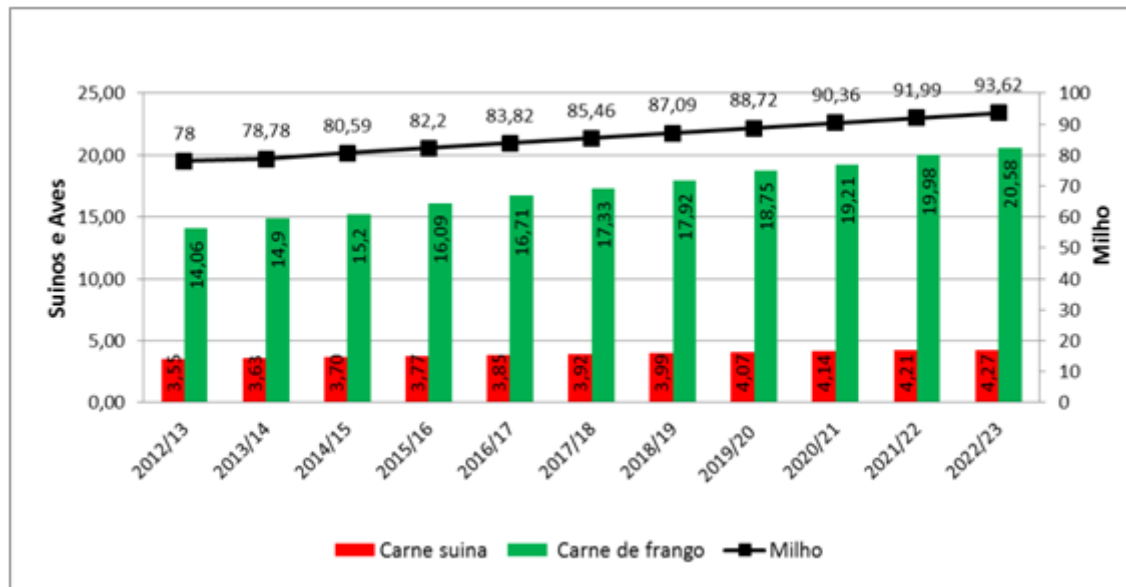
O Gráfico 6 apresenta a evolução da produção de milho, aves e suínos entre 1990 e 2012, enquanto que o gráfico 7 projeta essa informações até 2022/23. As projeções de consumo dos referidos setores até 2022/23 estão presentes no gráfico 8. Observa-se nos Gráficos 6 e 7 que o mercado de frango está em grande expansão, devido, principalmente, ao mercado externo deste produto. O mercado de suínos tem uma demanda latente, com crescimento bem inferior ao do frango; porém, com perspectiva de se tornar uma demanda real no que diz respeito à substituição da carne bovina. Apesar de que o gráfico de suínos reflete uma demanda interna, que é bem pequena quando comparada com a demanda de frangos e carne bovina. Vale ressaltar que a carne suína é a consumida em nível mundial, tendo os países nórdicos como os maiores demandadores. Se o Brasil conquistar uma parte do mercado externo deste tipo de carne, isto iria favorecer não só os produtores de suínos, mas também os produtores de milho, principal insumo na produção de suínos.

**Gráfico 6.** Comparação da evolução da produção de milho, suínos e frangos no Brasil no período de 1990 a 2012, em mil toneladas.



Fonte: FAOSTAT.

**Gráfico 7.** Projeção da Produção Brasileira de Milho, Suínos e Frango em mil toneladas de 2012/13 a 2022/23.



Fonte: AGE/Mapa com dados da Conab.

**Gráfico 8.** Projeção do Consumo Brasileiro de Milho Segundo Setores em mil toneladas – 2012/13 a 2022/23.



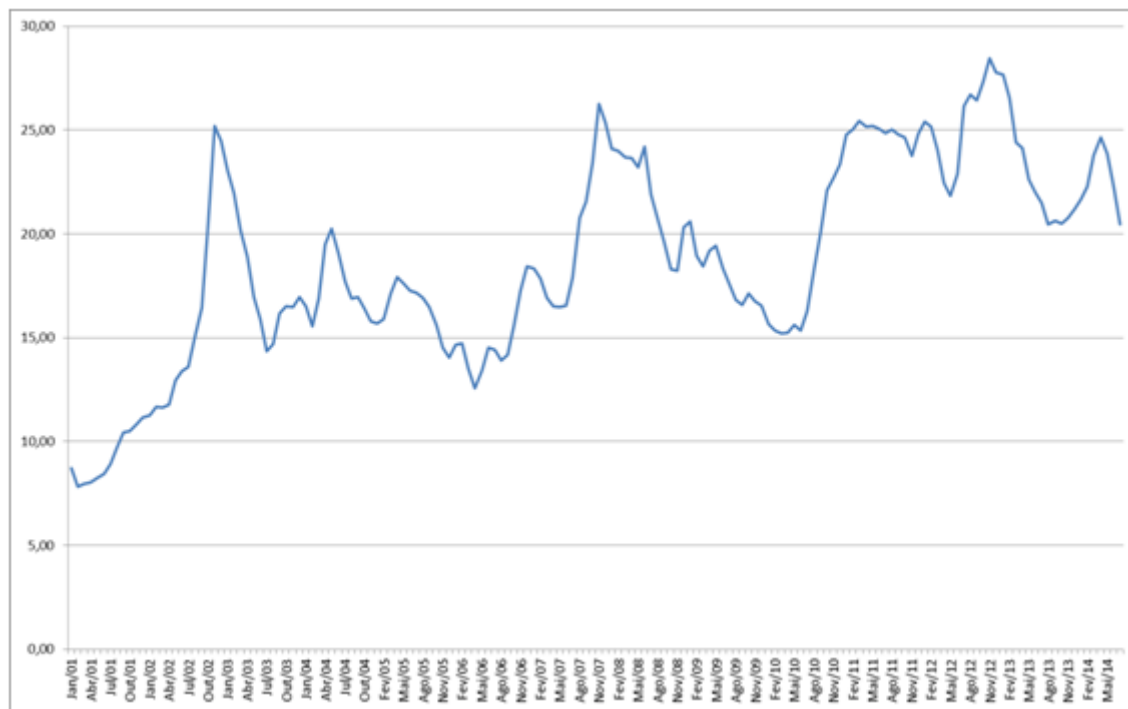
Fonte: AGE/Mapa com dados da Conab.

## Evolução dos preços do milho

O Gráfico 9 apresenta o preço médio do milho no mercado brasileiro no período de 2001 a 2012. A forte pressão de demanda por milho no ano de 2000, causada pela baixa produção nas duas safras anteriores que, conjugada com informações de que faltaria milho antes da colheita da safra 2000/2001, fez o preço da saca do milho subir, alcançando índices nunca praticados no Brasil. Mas, no final do ano de 2000, cresceu a oferta de milho no mercado fazendo com que os preços começassem a diminuir no quarto trimestre daquele ano, principalmente após início do plantio da safra seguinte. Tudo indica que esta oferta cresceu em virtude de pequenos produtores que armazenam milho na propriedade recorrerem ao mercado para escoar a produção, uma vez que os preços daquele ano eram atrativos. Este fato chama a atenção, porque este movimento não foi detectado com rapidez por nenhuma das instituições que analisaram o mercado e a produção de milho em grão nesse período, que resultou em uma safra recorde em 2000/2001. A consequência da safra recorde de 42 milhões de toneladas foi a queda dos preços a um patamar abaixo dos R\$ 8 reais a saca em fevereiro de 2001.

**Gráfico 9.** Preço médio do milho no mercado brasileiro (2001-2014).





Fonte: Agrolink

Uma conjunção de fatores fizeram os preços do milho não apenas se recuperarem em 2002, mas também atingirem recordes históricos no final de 2002. Como justificativa desse aumento acentuado, primeiramente, tem-se que a produção da safra 2001/2002, 35,4 milhões de toneladas, foi 16,6% menor do que a obtida na safra recorde do ano anterior. Adicionalmente, ocorreu uma redução do volume produzido - o Brasil exportou no ano de 2002 quase 3 milhões de toneladas de milho -, diminuindo ainda mais a disponibilidade interna do produto. O estímulo à exportação, apesar da alta dos preços internos, deveu-se à recuperação dos preços do milho no mercado externo, potencializada pela desvalorização cambial no patamar de 60% no decorrer do ano. A nova safra recorde no ano seguinte, 48,3 milhões, fez os preços despencarem tão rapidamente quanto subiram.

Um novo ciclo de alta nos preços ocorreu nos anos de 2007 e 2008, atingindo patamares recordes no final de 2007 e início de 2008. Esse ciclo de alta começou com a demanda norte americana por milho para a produção de etanol e, posteriormente, um problema de oferta de trigo no mercado internacional fez com que o milho fosse utilizado como substituto da cultura. Com o aumento da demanda internacional por milho, o Brasil aumentou as suas exportações de forma acentuada, terminando o ano com um volume de vendas externas até então recorde, acima de 10 milhões de toneladas. Apesar de, no primeiro semestre de 2007, os preços do milho terem diminuído, de maio a dezembro a valorização passou dos 70%. A produção de 58 milhões de toneladas na safra de 2007/2008, seguida da diminuição das exportações, levaram à queda nos preços ao longo de 2008.

De 2010 em diante, os preços do milho começaram a passar por um novo período de alta que bateram os níveis de 2007/2008. A expectativa de uma safra recorde no Brasil em 2011/12, que alcançou 72 milhões de toneladas, e a projeção de uma supersafra nos EUA, levaram o mercado a ensaiar uma queda nos preços do milho, entre abril e junho de 2012. A seca que assolou os Estados Unidos em 2012 resultou em uma quebra superior a 100 milhões

de toneladas em relação às projeções iniciais. O novo cenário reverteu à tendência de queda nos preços e levaram a uma alta jamais vista. Nos EUA, o preço do milho alcançou US\$ 8,6 o *bushel* (US\$ 338,57 por tonelada). A demanda externa fez os preços dispararem no Brasil, com a média nacional superando os R\$ 26,00 a saca de 60 kg e sendo negociado a R\$ 35,00 na BM&FBovespa e no porto de Paranaguá, para exportação.

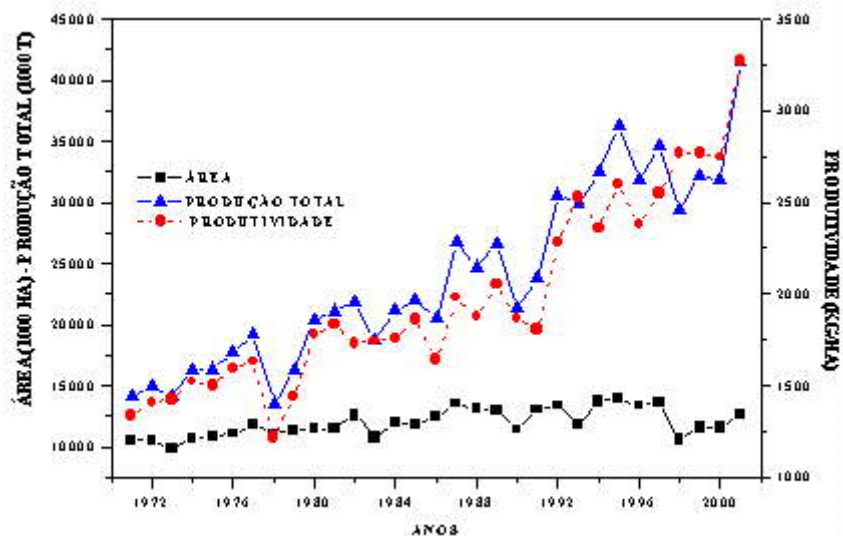
Nos meses decorridos entre agosto de 2012 e agosto de 2013 os preços do milho caíram sucessivamente em decorrência de safras recordes ao redor do globo, os EUA produziram 354 milhões de toneladas e a produção brasileira superou a casa dos 80 milhões. No final de 2013 e início de 2014, o preço do milho ainda se recuperou mas voltou a média de R\$ 20,00 a saca com a confirmação de mais uma grande safra americana e brasileira.

**Autores deste tópico:** Jason de Oliveira Duarte, Joao Carlos Garcia, Rubens Augusto de Miranda

## Coeficientes técnicos

No Brasil, o milho é cultivado em 3,6 milhões de propriedades rurais, abrangendo na safra 2000/2001, uma área de 13 milhões de hectares, e apresentou, respectivamente, produção e produtividade de 41500 milhões de toneladas e 3272 kg/ha (IBGE, 2001).

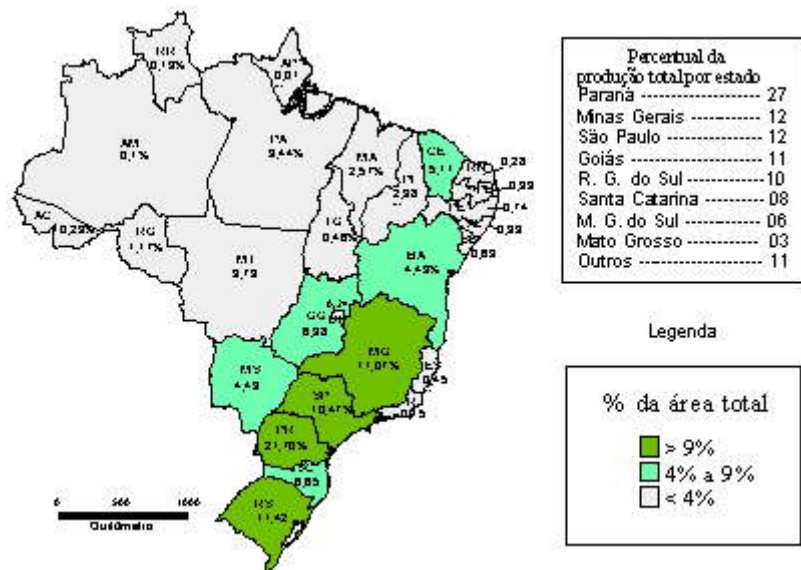
Nos últimos 31 anos, a área plantada aumentou em 2,38 milhões de hectares, a produtividade em 1619 kg/ha e produção total em 23,61 milhões de toneladas (Figura 1). Na safra de 2001/2002, houve uma redução de 10,1% na área plantada e 15,8% na produção de milho em relação a safra anterior.



**Figura 1.** Evolução da Produção, área total e produtividade de milho no Brasil, 1971 a 2001.

Fonte: IBGE.

O milho é cultivado em, praticamente, todo o território nacional (Figura 2). Na safra 2000/2001, 77% da área plantada e 92% da produção concentraram-se nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, sendo que a região Sul participou com 42,32% da área e 53,70% da produção; Sudeste com 19,01% da área e 19,62% da produção e Centro-Oeste com 15,77% da área e 19,22% da produção. Entretanto, a participação dessas regiões, tanto em área plantada quanto em produção, vem se alterando ao longo dos últimos 31 anos. A região Nordeste tem apresentado grandes variações na área plantada e produção, o que dificulta estimar se sua participação tem aumentado ou diminuído. Na região Sul, a participação na área plantada e produção se mantém praticamente constante, enquanto que a região Sudeste reduziu em 10% a área plantada e produção. As regiões Norte e Centro-Oeste apresentaram, no mesmo período, aumentos da participação na área plantada e produção. Enquanto que a região Norte aumentou sua participação em 5,3% na área plantada e 2,8% na produção, a região Centro-Oeste aumentou sua participação em 9,6% na área plantada e em 14,6% na produção.



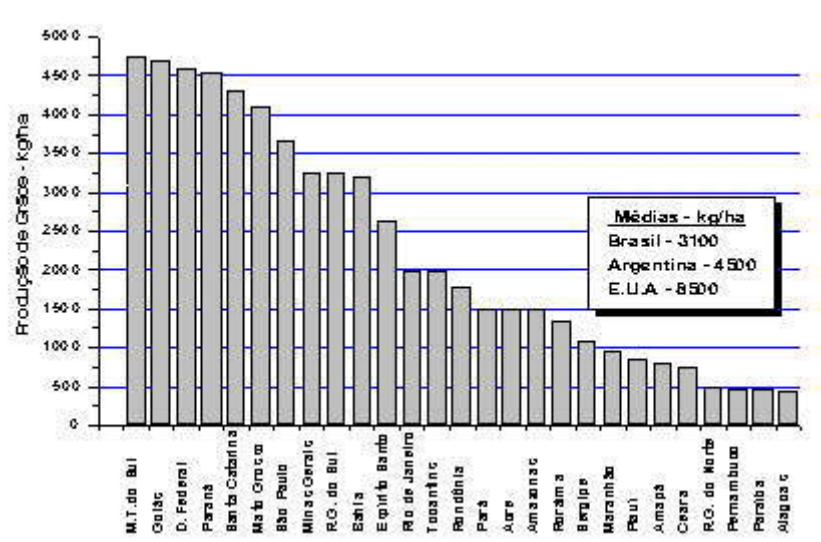
**Figura 2.** Distribuição da produção de milho no Brasil por estado.

Fonte: IBGE.

Há uma grande diversidade nas condições de cultivo. Observa-se desde a agricultura tipicamente de subsistência, sem 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. De acordo com um levantamento realizado em 1995 a estratificação da cultura, por níveis tecnológicos, foi assim distribuída: a) nível tecnológico marginal = 43%; b) nível tecnológico baixo = 24%; c) nível tecnológico médio = 22%; d) nível tecnológico alto = 11% da área cultivada.

Recentemente, ocorreram importantes mudanças nos sistemas de produção, destacando-se o aumento da área do milho "safrinha" e a expansão do sistema de plantio direto. A "safrinha" se refere ao milho de sequeiro, cultivado extemporaneamente, de fevereiro a abril, quase sempre depois da soja precoce, predominantemente na região Centro-Sul. No decorrer da década de 1990, o processo de deslocamento de cultura do milho da safra normal, provocado pela introdução da soja, se intensificou; passando parte do cereal a ser cultivado em sucessão à oleaginosa, como uma cultura de segunda safra (milho safrinha). Essa mudança se acentuou nos últimos anos e, atualmente, a área com milho safrinha nos estados de Mato Grosso (548,9 mil hectare) e Mato Grosso do Sul (361,8 mil hectare) foram maiores do que a área da safra normal (169,4 mil e 119,4 mil hectares no MT e MS, respectivamente).

A baixa produtividade média de milho no Brasil (Figura 1) não reflete o bom nível tecnológico já alcançado por boa parte dos produtores voltados para lavouras comerciais, uma vez que as médias são obtidas nas mais diferentes regiões, em lavouras com diferentes sistemas de cultivos e finalidades. A produtividade média é superior a 4500 kg/ha nos estados onde concentram-se esses produtores (Figura 3). Assim, para aumento da produtividade é necessário que em parte das propriedades sejam adotadas técnicas básicas, incluindo cultivares melhoradas, práticas de manejo, calagem e adubação, e, noutras, o aprimoramento integrado de todas as técnicas culturais para suplantarem os atuais tetos de 6000 a 8000 kg/ha.



**Figura 3.** Evolução da Produção, área total e produtividade de milho no Brasil, 1971 a 2001.

Fonte: IBGE.

Dentro desse enfoque, e de acordo com os dados do Censo Agropecuário de 1995/96, verifica-se que há uma relação direta entre o tamanho da área cultivada pelos agricultores e a produtividade de milho, isto é, à medida que aumenta o tamanho da lavoura aumenta o rendimento. Exatamente nessas lavouras maiores é onde se observam os maiores índices de crescimento do rendimento (Tabela 1).

É importante ressaltar, que nos últimos anos, a cultura do milho no Brasil, vem passando por importantes mudanças tecnológicas, resultando em aumentos significativos da produtividade e produção. Entre as tecnologias adotadas, destacam-se a utilização de sementes de cultivares melhoradas (variedades e híbridos), alterações no espaçamento e densidade de semeadura de acordo com as características das cultivares, além da conscientização dos produtores da necessidade de melhoria na qualidade dos solos, visando uma produção sustentada.

Essa melhoria na qualidade dos solos está, geralmente, relacionada ao manejo adequado, o qual inclui entre outras práticas, a rotação de culturas, plantio direto, manejo da fertilidade através da calagem, gessagem e adubação equilibrada com macro e micronutrientes, utilizando fertilizantes químicos e/ou orgânicos (esterços, compostos, adubação verde, etc.).

**Tabela 1.** Rendimento médio e taxa de crescimento da produtividade de milho de acordo com o tamanho das lavouras dos agricultores.

Área <sup>1/</sup> (ha)	Rendimento <sup>1/</sup> (kg/ha)	Classe de rendimento (kg/ha) <sup>2/</sup>	Rendimento médio <sup>2/</sup> (kg/ha)	Taxa de crescimento (%) <sup>2/</sup>
(0 - 5]	963	(0 - 2000]	963	0,93
(5 - 10]	1599	(2000 - 3000]	2573	2,00
(10 - 20]	1982	(3000 - 3500]	3308	2,37
(20 - 50]	2126	(3500 - 4000]	3717	3,47

			Cultivo do Milho	
(50 - 100]	2274	(4000 - 4500]	4312	4,43
(100 - 200]	2514	> 4500	5164	7,09
(200 - 500]	2997			
(500 - 1000]	3248			
> 1000	3637			

Fonte: <sup>1</sup>/Censo Agropecuário 1995/96 e <sup>2</sup>/Alves et al. (1999).

## Sistemas de produção de milho

Independentemente da região, os seguintes sistemas de produção de milho são bastante evidentes:

### 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, inclusive o plantio direto.

### Produtor de grãos e pecuária

Neste caso o agricultor usa um nível médio de tecnologia, por lhe parecer o mais adequado. 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 médio a pequena. 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 podem também comprometer o rendimento do milho.

### Pequeno produtor

É aquele produtor de subsistência, onde a maior parte da produção é consumida na propriedade. O nível tecnológico é baixo, inclusive envolvendo o uso de semente não melhorada. O tamanho da lavoura é pequena.

### Produção de milho safrinha

Este tipo de exploração ocupa hoje cerca de 2.600.000 ha de milho plantados nos estados PR, SP, MT, MS e GO, principalmente. O milho é semeado extemporaneamente, após a soja precoce. O agricultor tem um bom conhecimento sobre a cultura. 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 deficit hídrico) . A redução do nível tecnológico refere-se, basicamente, à semente utilizada e redução nas quantidades de adubos e defensivos aplicados.

## 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.

Evidentemente que 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, recomendar um padrão tecnológico que se apresenta como o mais adequado para essa lavouras.

Os coeficientes técnicos foram elaborados para as três situações predominantes nas lavouras comerciais, quais sejam: safra normal usando sistema plantio direto (Quadro 1), safra normal usando plantio convencional (Quadro 2) e safrinha (Quadro 3).

### Quadro 1. Coeficientes Técnicos de Produção um Hectare de Milho. Plantio Direto - Produtividade: 7000 kg/ha.

Descrição	Especificação	Unidade	Quantidade Utilizada	Quantidade Utilizada
<b>Correção do Solo</b>				
Calcário		t		0,7
Gesso		t		0,4
Distribuição do calcário mecânica	trator 85 hp + calcariador	hm		0,125
Dessecação-Herbicida 1	ROUNDUP	l		3
Dessecação-Herbicida 2		l/kg		
Distribuição herbicida	trator 85 hp + pulv. Barra 2000 l	hm		0,3
Mão de obra distribuição herbicida		dh		0,25
<b>PLANTIO</b>				
<b>Sementes</b>				
Sementes - 1	Híbridos simples ou triplo	sc		1
Sementes - 2		kg		
<b>Tratamento de Sementes</b>				
Fungicida 1	Rhodiauram 700	l		0,02
Fungicida 2		l/kg		
Distribuição fungicida manual		dh		0,05
Inseticida 1	Furazin	l		0,4
Distribuição inseticida manual		dh		0,05

**Adubação**

Adubo 1	8-28-16 + FTE-CAMPO	kg	300
Plantio/adubação mecânica	trator 120 hp + plat/adub. Jumil 12 linhas	hm	0,8
Transporte Interno plantio	trator 85 hp + carreta 8 t	hm	0,3

**Tratos Culturais****Adubação de cobertura**

Adubo 1	ureia	kg	200
Máq. aplicação adubação de cobertura 1	trator 85 hp + distr. Adubo 5 linhas	hm	0,6

**Herbicida - POS**

Herbicida 1	Gesaprin 500	l	2,5
Herbicida 2	Sanson 40 SC	l	0,8
Aplicação herbicida - máquina	trator 85 hp + pulv. Barra 2000 l (1X)	hm	0,3
Mão de obra aplicação herbicida		dh	0,16

**Inseticida**

Inseticida 1	Karate (Piretroide) - 2 aplicações	l	0,3
Inseticida 2	Match (Fisiológico) - 2 aplicações	l	0,6
Espalhante adesivo	Óleo mineral	l	1
Aplicação inseticida - máquina	trator 85 hp + pulv. Barra 2000 l (2X)	hm	0,6
Mão de obra aplicação inseticida		dh	0,32

**Formicida**

Formicida 1	Isca ( MIREX )	kg	0,6
Mão de obra aplicação formicida		dh	

**Colheita**

Colheita mecânica	colheitadeira 120 hp - plataforma 4m	hm	0,85
Transporte interno	trator 85 hp + carreta 8 t	hm	0,3

Fonte: Dados da Embrapa Milho e Sorgo.

**Quadro 2. Coeficientes Técnicos de Produção um Hectare de Milho. Plantio Convencional - Produtividade: 7000 kg/ha.**

Descrição	Especificação	Unidade	Quantidade Utilizada
<b>Correção do Solo</b>			
Calcário		t	0,7
Gesso		t	0,4
Distribuição do calcário manual		dh	
Distribuição do calcário mecânica		hm	0,125
<b>Preparo de Solo</b>			
Gradagem Aradora	trator 120 hp + GP	hm	1,6



Gradagem Niveladora	trator 120 hp + grade nivel.	hm	0,4
<b>Plantio</b>			
<b>Sementes</b>			
Sementes - 1	Híbridos simples ou triplo	sc	1
Sementes - 2		kg	
<b>Tratamento de Sementes</b>			
Fungicida 1	Rhodauram 700	l	0,02
Distribuição fungicida manual		dh	0,05
Inseticida 1	Furazin	l	0,4
Inseticida 2		l/kg	
Distribuição inseticida manual		dh	0,05
<b>Adubação</b>			
Adubo 1	8-28-16 + FTE-CAMPO	kg	300
Plantio/adubação mecânica	trator 120 hp + plat/adub. Jumil 12 linhas	hm	0,8
Transporte Interno plantio	trator 85 hp + carreta 8 t	hm	0,3
<b>Tratos Culturais</b>			
<b>Adubação de cobertura</b>			
Adubo 1	ureia	kg	200
Máq. aplicação adubação de cobertura 1		hm	0,6
Máq. aplicação adubação de cobertura 2			
<b>Herbicida - POS</b>			
Herbicida 1	Gesaprin 500	l	2,5
Herbicida 2	Sanson 40 SC	l	0,8
Herbicida 3		l/kg	
Aplicação herbicida - máquina	trator 85 hp + pulv. Barra 2000 l (1X)	hm	0,3
Mão de obra aplicação herbicida		dh	0,16
<b>Inseticida</b>			
Inseticida 1	Karate (Piretroide) - 2 aplicações	l	0,3
Inseticida 2	Match (Fisiológico) - 2 aplicações	l	0,6
Espalhante adesivo	Óleo mineral	l	1
Aplicação inseticida - máquina	trator 85 hp + pulv. Barra 2000 l (2X)	hm	0,6
Mão de obra aplicação inseticida		dh	0,32
<b>Formicida</b>			
Formicida 1	Isca ( MIREX )	kg	0,6
<b>Colheita</b>			
Colheita mecânica	colheitadeira 120 hp - plataforma 4m	hm	0,85
Transporte interno	trator 85 hp + carreta 8 t	hm	0,3

Fonte: Dados da Embrapa Milho e Sorgo.

**Quadro 3.** Coeficientes Técnicos de Produção um Hectare de Milho. Plantio Direto - Safrinha - Produtividade: 3000 kg/ha .

Descrição	Especificação	Unidade	Quantidade Utilizada	Quantidade Utilizada
<b>Sistematização do Solo</b>				
Dessecação-Herbicida 1	Glifosato	l		1,5
Dessecação-Herbicida 2	2,4-D	l		0,5
Distribuição herbicida	trator 85 hp + pulv. Barra 2000 l	hm		0,15
Mão de obra distribuição herbicida				0,25
<b>Plantio</b>				
<b>Sementes</b>				
Sementes - 1	Híbridos duplo ou triplo	sc		1
<b>Adubação</b>				
Adubo 1 -	4-20-20	kg		200
Plantio/adubação mecânica	trator 120 hp + plat/adub. Jumil 12 linhas	hm		0,8
Transporte Interno plantio	trator 85 hp + carreta 8 t	hm		0,3
<b>Tratos Culturais</b>				
<b>Adubação de cobertura</b>				
Adubo 1	ureia	kg		60
Máq. aplicação adubação de cobertura 1		hm		0,5
<b>Inseticida</b>				
Inseticida 1	Lanate	l		0,6
Aplicação inseticida - máquina	trator 85 hp + pulv. Barra 2000 l (2X)	hm		0,3
Mão de obra aplicação inseticida		dh		0,32
<b>Colheita</b>				
Colheita mecânica	colheitadeira 120 hp - plataforma 4m	hm		0,6
Transporte interno	trator 85 hp + carreta 8 t	hm		0,3

Fonte: Dados da Embrapa Milho e Sorgo.

**Autores deste tópico:** Geraldo Augusto de Melo Filho, Marcos Joaquim Mattoso

## Referências

AGROFIT. Base de dados de produtos agrotóxicos e fitossanitários. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 1998. Disponível em: . Acesso em: 27 maio 2011.

ALBUQUERQUE, P.E.P. de; ANDRADE, C. de L.T. de. Planilha eletrônica para a programação da irrigação de culturas anuais. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. 14p. (Embrapa Milho e Sorgo.Circular Técnica, 10).

ALDRICH, S.R.; SCOTT, W.O.; LENG, E.R. Modern corn production. 2.ed. Champaign: A & L Publication, 1982. 371 p.

ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C.; PACHECO, E. B. Preparo do solo. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.13, n.147, p.40-45, 1987.

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. In: Inf. Agropec. Sobre Milho (no prelo).

ALVARENGA, R.C.; LARA C., W.A.; CRUZ, J.C.; SANTANA, D.P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.25-36, 2001.

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.). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.67-78.

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.). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.

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. e LOUREIRO, J. E. Milho. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARAES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Eds.). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais : 5. aproximacao. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 314-316.

ANDREI, E. Compêndio de defensivos agrícolas. 8. ed. São Paulo: Andrei Editora, 2009. 1380 p.

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.

BERGAMASCHI, H. ; DALMAGO, G. A. ; BERGONCI, J. I. ; BIANCHI, C. A. M. ; MÜLLER, A. G. ; COMIRAN, F. ; HECKLER, B. M. M. . Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 39, n. 9, p. 831-839, 2004.

BERGAMASCHI, H. ; DALMAGO, G. A. ; COMIRAN, F. ; BERGONCI, J. I. ; MÜLLER, A. G. ; FRANÇA, S. ; SANTOS, A. O. ; RADIN, B. ; BIANCHI, C. A. M. ; PEREIRA, P. G. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 41, n. 2, p. 243-249, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 845 de 16.02.1976, D.O.U. 19.11.1976, Brasília/DF.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria SDR nº 011 de 12.04.1996, D.O.U. 15.04.1996, Brasília/DF.

BRANCALION, A. M.; LORDELLO, L. G. E. Emprego de Aldicarb e Carbofuran no controle de nematóides em uma cultura de milho. *Nematologia Brasileira*, Piracicaba, v.5, p.197-202, 1982.

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. (Nº Especial: Zoneamento Agrícola)

BRITO, J. A.; ANTONIO, H. Resistência de genótipos de milho a *Meloidogyne javanica*. *Nematologia Brasileira*, Piracicaba, v.13, p.129-137, 1989.

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: ABEAS / Vicososa: UFV, 1998. Módulo 9, Cap.4, p. 37-56.

BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. Drying and storage of grains and oilseeds. New York: van Nostrand Reinhold, 1992. 450p.

CANTARELLA, H.; DUARTE, A.P. Tabela de recomendação de NPK para o milho safrinha no estado de São Paulo. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA, 4., 1997, Assis. Anais... Campinas: IAC/CDV, 1997. p.65-70.

CAMPOS, A .T. Análise da viabilidade de reciclagem de dejetos de bovinos com tratamento biológico em sistema intensivo de produção de leite. 1997. 141 f. Tese(Doutorado) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.

CAMPOS, B.H.C. de. A cultura do milho no plantio direto. Cruz Alta: FUNDACEP/ FECOTRIGO, 1998. 189p.

CASTRO, O. M. de. Preparo do solo para a cultura do milho. Campinas : Fundação Cargill, 1989. 41p. (Fundação Cargill. Série Técnica, 3).

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

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

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.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 3. ed. Passo Fundo: SBCS - Núcleo Regional Sul, 1994. 224p.

CONAB. - Companhia Nacional de Abastecimento. 2008 . Acesso em: 27 06 2008.

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. Quimigacão: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. cap.3, p.85-109.

COSTA, R.V.; COTA, L.V.; ROCHA, L.M.P.; NOLASCO, A.A.R.; SILVA, D.D.; PARREIRA, D.F.; FERREIRA, P. Recomendação de cultivares de milho para a resistência a grãos ardidos. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 8 p. (Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica, 154).

CRUZ, I. A lagarta-do-cartucho na cultura do milho. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1995. 45p. (EMBRAPA-CNPMS.Circular Técnica, 21).

CRUZ, I.; WAQUIL, J.M. Pragas da cultura do milho para silagem. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.; FERREIRA, J.J. (Ed.). Produção e utilização de silagem de milho e sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. cap.6, p.141-207.

CRUZ, I.; VALICENTE, F.H.; SANTOS, J.P. dos; WAQUIL, J.M.; VIANA, P. Manual de identificação de pragas da cultura do milho. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1997. 67p.

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, 1999. 39p. (EMBRAPA-CNPMS.Circular Técnica, 31)

CRUZ, J. C. Effect of crop rotation and tillage systems on some soil properties, root distribution and crop production. 1982. 220 f. Thesis (Doctor of Philosophy) - Purdue University, West Lafayette.

CRUZ, J. C. Manejo de solos em sucessão de culturas. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFRINHA". 5., 1999, Barretos, SP. Anais... Campinas: IAC, 1999. p.39-49.

CRUZ, J. C. No plantio direto o milho é o melhor. Cultivar, Pelotas, v.1, n.8, p. 28-29, 1999.

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.; 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.

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.

CRUZ, J. C.; PERREIRA FILHO, I. A.; GAMA, E. E. G. e; PEREIRA, F. T. F.; CORRÊA, L. A. Cultivares de milho no mercado de sementes de milho no Brasil no ano 2000. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 33 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documento, 4)

CRUZ, J. C.; PEREIRA, F. T. F.; PEREIRA FILHO, I. A.; OLIVEIRA, A. C. de; MAGALHAES, P. C. Resposta de cultivares de milho à variação em espaçamento e densidade. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v. 6, n. 1, p. 60-73, 2007.

CRUZ, J. C.; PINTO, L. B. B.; PEREIRA FILHO, I. A.; GARCIA, J. C. QUEIROZ, L. R. Caracterização dos sistemas de Produção de milho para altas produtividades. Circular Técnica 124, 2009. 15 p.

CRUZ, J.C.; SILVA, G.H.; PEREIRA FILHO, I.A.; GONTIJO NETO, M.M.; MAGALHÃES, P.C. Sistema de produção de milho safrinha de alta produtividade. In: n: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA DO CARTUCHO, 4., 2010, Goiânia. Potencialidades, desafios e sustentabilidade: resumos expandidos. Goiânia: ABMS, 2010. 1 CD-ROM.

DALPASQUALE, V.A. Procedimentos essenciais de recepção e limpeza de grãos. In: LORINI, I.; MIIKE, L.H.; SCUSSEL, V.M. Armazenagem de grãos. Campinas: IBG, 2002. 1000 p.

DALPASQUALE, V.A. Post-harvesting corn losses indexes in a storage unit: A case study. In: 9th International Working Conference on Stored-Product Protection, 2006, Campinas. Proceedings... Campinas: ABRAPOS, 2006. p. 64-70.

DeMARIA, I.C.; DUARTE, A.P. Sistemas de preparo do solo e sucessão de culturas para implantação e desenvolvimento do milho "safrinha" . In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFRINHA". 4., 1997, Assis, SP. Anais... Campinas: IAC/CDV, 1997. p.71-80.

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

DE MORI, C.; LORINI, I.; FERREIRA FILHO, A.; DE MIRANDA, M.Z. Impact of integrated pest management (IPM) technology on the organizational attitude of storage grain facilities in Brazil. In: 9th International Working Conference on Stored-Product Protection, 2006, Campinas. Proceedings... Campinas: ABRAPOS, 2006. p. 53-58.

DERPSCH, R. Rotação de culturas; plantio direto e convencional. São Paulo: Ciba- Geigy, 1986. n.p.

DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ)/Londrina: IAPAR, 1991. 272p. (Sonderpublikation der GTZ, n.245)

DUARTE, A.P. Como fazer uma boa Segunda safra. Cultivar, Pelotas, v.3, n.25, p.10-18, fev. 2001.

DUARTE, A. P.; CRUZ, J.C. Manejo de solo e semeadura do milho safrinha. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 6., e CONFERÊNCIA NACIONAL DE POS-COLHEITA SAG-MERCOSUL, 2., e SIMPÓSIO EM ARMAZENAGEM DE GRAOS DO MERCOSUL, 2., 2001, Londrina, PR. Valorização da produção e conservação de grãos no mercosul: a cultura do milho safrinha. Londrina: FAPEAGRO, 2001. p.45-71

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Recomendações técnicas para o cultivo do milho. 2.ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 204p.

EMBRAPA. Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Dourados. Milho: informações técnicas. Dourados, 1991. 198p.

EPAGRI. Aspectos práticos do manejo de dejetos de suínos. Florianópolis, SC: EPAGRI/Concordia: Embrapa Suínos e Aves, 1995. 106p.

- FANCELLI, A. L. Fisiologia das plantas de milho em condições de safrinha. In: SEMINARIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 6., e CONFERENCIA NACIONAL DE POS-COLHEITA SAG-MERCOSUL, 2., e SIMPOSIO EM ARMAZENAGEM DE GRAOS DO MERCOSUL, 2., 2001, Londrina, PR. Valorizacao da producao e conservacao de graos no mercosul: a cultura do milho safrinha. Londrina: FAPEAGRO, 2001. p.11-31.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. Guaíba: Agropecuária, 2000. p. 21-54.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 1994. Grain storage techniques: Evolution and trends in developing countries. Proctor, D.L. (Ed.). Group for Assistance on Systems Relating to Grain After Harvest (GASGA) After Harvest. FAO Agricultural Services Bulletin N° 109. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/T1838E/T1838E01.htm#Foreword>. Acesso em: 05 Jul. 2011.
- FARONI, L.R.A.; SOUSA, A.H. Aspectos biológicos e taxonômicos dos principais insetos-praga de produtos armazenados. In: ALMEIDA, F.A.C.; DUARTE, M.E.M.; MATA, M.E.R.M.C. Tecnologia de Armazenagem em sementes, Campina Grande: UFCG, 2006. p.371-402.
- FERNANDES, F. T.; OLIVEIRA, E. Principais doenças na cultura do milho. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 2000. 80p. (EMBRAPA-CNPMS.Circular Técnica, 26)
- FIELDS, P.G. e MUIR, W.E. Physical control. In Subramanyan, B. e Hagstrum, D.W. Integrated Management of Insects in Stored Products. Marcel Dekker, Inc. New York, 1996. p.195-221.
- FONTES, R.A. Secagem e armazenamento. Informe Agropecuario, Belo Horizonte, v.6, n.72, p.66-69, 1980.
- 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, v. 23, n. 4, p. 635-644, 2005.
- FRIZZONE, J. A.; ZANINI, J. R.; PAES, L. A. D.; NASCIMENTO, V. M. Fertirrigação mineral. Ilha Solteira: UNESP, 1985. 31p. (Boletim Técnico, 2)
- FRUTOS DA TERRA. São Paulo: Monsanto, v.4,n.14, 2000.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C. de; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. Entomologia agrícola. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.
- 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 Ciencia do Solo, Campinas, v.18, n.2, p.229-233, 1994.
- GAZZIERO, D.L.P.; GUIMARÃES, S.C.; PEREIRA, F.A.R. Plantas daninhas: cuidado com a disseminação. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1989. (Folder).
- GOEDERT, W.J.; SOUSA, D.M.G. de; SCOLARI, D.D.G. Critérios para recomendação de calagem e adubação. Brasília: EMBRAPA-CPAC, 1987. 55p. (EMBRAPA-CPAC. CircularTécnica, 25)

- GOMES, J. Estudo de riscos para o milho na safrinha. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA, 3., 1995, Assis. Resumos... Campinas: IAC, 1995. p.111-113.
- GRIFFITH, D.R.; PARSONS, S.D. Energy requirements for various tillage-planting systems. West Lafayette: Purdue University/ Coop. Ext. Serv., 1980. 8 p. (Leaflet, ID-141)
- 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, Winterhur, v. 71, n. 4, p. 19-23, 1989.
- HILL, G. D. Impact of weed science and agricultural chemicals on farm productivity in the 1980's. Weed Science, Ithaca, v.30, p.426-429, 1982
- INDICADORES DA AGROPECUARIA. Brasília: CONAB, v.9, n. 10, out. 2000.
- INFORME AGROPECUÁRIO, Belo Horizonte: EPAMIG, v.22, n.208, jan/fev. 2001.
- 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, 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, 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, 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. (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
- KONZEN, E. A.; BARROS, L. C. de. Lagoas de estabilização natural para armazenamento de dejetos líquidos de suínos. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1997. 14p. (EMBRAPA-CNPMS.DocumentoS, 9).
- KONZEN, E. A. ; PEREIRA FILHO, I. A. ; BAHIA FILHO, A .F.C.; PEREIRA, F.A . Manejo de esterco líquido de suínos e sua utilização na adubação do milho. Sete Lagoas, MG: EMBRAPA-CNPMS, 1997. 31p. (EMBRAPA-CNPMS.Circular Técnica, 25).
- LARA CABEZAS, R.; FREITAS, P.L. Plantio direto na integração lavoura-pecuária. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2000. 282p.



- LAZZAROTO, C.; URCHEI, M. A.; TEIXEIRA, M.R.O.; SANS, L.M.A.; PITOL, C.; MUNIZ, J. Época de semeadura e zoneamento agrícola. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuárias do Oeste. Milho: informações técnicas. Dourados, 1997. p.86-99. (EMBRAPA-CPAO. Circular Técnica, 5)
- LOECK, A.E. Pragas de produtos armazenados. Pelotas: EGUFPEL, 2002. 113p.
- LOHER, R.C. Agricultural Waste Management. New York: Academic Press, 1974. 576p.
- LORDELLO, A. I. L.; LORDELLO, R. R. A.; SAWAZAKI, E. Avaliação da resistência de milho a *Meloidogyne incognita* e a *M. arenaria*. Nematologia Brasileira, Piracicaba, v.18, n.1-2, p.93-105, 1994.
- LORDELLO, A. I. L.; LORDELLO, R. R. A.; SAWAZAKI, E. Avaliação da resistência de milho à *Meloidogyne incognita* raça 3. Summa Phytopathologica, Jaboticabal, v.27, n.1, p.86-88, 2001.
- LORDELLO, R. R. A.; LORDELLO, A. I. L.; SAWAZAKI, E.; TREVISAN, W. L. Nematóide das galhas danifica lavoura de milho em Goiás. Nematologia Brasileira, Piracicaba, v.10, p.145-149, 1986.
- LORINI, I.; MIIKE, L.H.; SCUSSEL, V.M. Armazenagem de Grãos. Campinas: Instituto Biogeneziz, 2002. 1000p.
- LORINI, I. Descrição, biologia e danos das principais pragas de grãos armazenados. In: IRINEU, L.; MIIKE, L.H.; SCUSSEL, V.M. (Ed). Armazenagem de Grãos. Campinas: Instituto Biogeneziz, 2002. cap.7.1, p.379-397.
- LORINI, I. Manejo Integrado de Pragas de Grãos de Cereais Armazenados. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 72p.
- LORINI, I.; COLLINS, P.J.; DAGLISH, G.J.; NAYAK, M.K.; PAVIC, H. Detection and characterization of strong resistance to phosphine in Brazilian *Rhizopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae). Pest Management Science, v. 63, n. 4, p. 358-364. 2007.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F.O.M.; PAIVA, E. Fisiologia da planta de milho. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1995. 27 P. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 20).
- MANTOVANI, E.C. Compactação do solo. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.13, n.147, p.52-55, 1987.
- MASCAGNI, Jr.; 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.
- MEDEIROS, J. E.; SILVA, P. H.; BIONDI, C. M.; MOURA, R. M.; PEDROSA, E. M. R. Reação de genótipos de milho ao parasitismo de *Meloidogyne javanica*. Nematologia Brasileira, Piracicaba, v.25, n.2, p.343-345, 2001.
- MELO FILHO, G. A. de ; RICHETE, A. Perfil sócio-econômico e tecnológico dos produtores de soja e milho de Mato Grosso do Sul. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. 57p. (EMBRAPA-CPAO.Documentos, 15)

MIIKE, L.H.; FAUSTAINO, M.L.S.; PAULO, A.D. Tecnologia de aplicação de inseticidas preventivos nos grãos In: IRINEU, L.; MIIKE, L.H.; SCUSSEL, V.M. (Ed). Armazenagem de Grãos. Campinas: Instituto Biogeneziz, 2002. cap.7.6, p.531-540.

MOREIRA, J.A.A.; STONE, L.F. Calibração. In: In: COSTA, E.F.; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.A. Quimigacao: aplicacao de produtos quimicos e biologicos via irrigacao. Brasilia: EMBRAPA-SPI, 1994. cap.6, p.159-171.

MÜLLER. A. G.; H. BERGAMASCHI. Eficiências de interceptação, absorção e uso da radiação fotossinteticamente ativa pelo milho (*Zea mays* L.), em diferentes disponibilidades hídricas e verificação do modelo energético de estimativa da massa seca acumulada. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 27-33, 2005

MUNDSTOCK, C. M. Aspectos fisiológicos da tolerância do milho a frio. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA, 3., 1995, Assis. Resumos... Campinas: IAC, 1995. p.45-49.

NEBRASKA UNIVERSITY. Calibration of Center Pivot, Lincoln: Extension Service, 1996. (Video - Proj 87-EXCA-3-0796)

NIELSEN, R.L. 2000. Field drydown of mature corn grain. Corny News Network, Purdue Univ. Disponível em: . Acesso em: 25 jul. 2011.

NIELSEN, R.L. 2008. Grain fill stages in corn. Corny News Network, Purdue Univ. Disponível em: . Acesso em: 26 jul. 2011.

OLIVEIRA, P.A.V.; MARTINS, R.R. Silo de alvenaria para armazenamento de milho. Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves, 1991. 3 p. (Embrapa Suínos e Aves, Circular Técnica, 181).

OLIVEIRA, P.A.V.; MARTINS, R.R. Secador de grãos pré-fabricados em cimento para pequenas propriedades. Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves, 1992. 4 p. (Embrapa Suínos e Aves, Circular Técnica, 193).

OLIVEIRA, P.A . V. de. (Coord.) Manual de manejo e utilização de dejetos de suínos. Concórdia, SC: EMBRAPA-CNPSA, 1993. 188p. (EMBRAPA-CNPSA.Documentos, 27).

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. 90p. (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. Marandú em latossolo com diferentes históricos. Pes. Agrop. Trop., 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. Ilha Solteira, 2003. Dissertação de Mestrado UNESP.

PENDLETON, J.W. Cultural practices spacing, Etc. In: ANNUAL CORN AND SORGHUM RESEARCH CONFERENCE, 20, 1965, Chicago. Report... Chicago: ASTA, 1965. p.51-58.

- 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.
- PIMENTEL, M.A.G.; FARONI, L.R.D'A.; BATISTA, M.D., SILVA, F.H. Resistance of stored-product insects to phosphine. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 43, n. 12, p. 1671-1676, 2008.
- PIMENTEL, M.A.G.; FARONI, L.R.D'A.; GUEDES, R.N.C.; SOUSA, A.H.; TÓTOLA, M.R. Phosphine resistance in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). Journal of Stored Products Research, v. 45, p. 71-74, 2009.
- PIMENTEL, M.A.G.; FARONI, L.R.D'A.; TÓTOLA, M.R.; GUEDES, R.N.C. Phosphine resistance, respiration rate and fitness consequences in stored-product insects. Pest Management Science, v. 63, n. 9, p. 876-881. 2007.
- PINHO, R. G. von. Metodologias de avaliação, quantificação de danos e controle genético da resistência à *Puccinia polysora* Underw. e *Physopella zaeae* (Mains) Cummins e Ramachar na cultura do milho. 1998. 137 f. Tese(Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- PINTO, N. F. J. A. Avaliação do parasitismo de *Meloidogyne* spp. em cultivares de milho. Nematologia Brasileira, Piracicaba, v.16, n.1-2, p.91, 1992. Edição de Resumos do XVI Congresso Brasileiro de Nematologia, Lavras, MG. fev. 1992.
- PINTO, N. F. J. A. Efeito de nematóides sobre a produção de milho. Nematologia Brasileira, Piracicaba, v.16, n.1-2, p.82, 1992. Edição de Resumos do XVI Congresso Brasileiro de Nematologia, Lavras, MG. fev. 1992.
- PINTO, N. F. J. A. Incidência de grãos ardidos em cultivares de milho precoce. Summa Phytopathologica, Jaboticabal, v.27, n.4, p.433-436, 2001.
- PINTO, N. F. J. A. Patologia de grãos de milho em pré-colheita. Summa Phytopathologica, Jaboticabal, v.26, n.1, p.104, jan./mar. 2000. Suplemento. ref. 030. Edição de Resumos do XXIII Congresso Paulista de Fitopatologia, Campinas, SP. fev. 2000
- PINTO, N. F. J. A. Qualidade sanitária de grãos de milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. 4p. (Embrapa Milho e Sorgo.Comunicado Técnico, 30)
- PINTO, N.F.J.A. Reação de cultivares com relação a produção de grãos ardidos em milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 4p. (Embrapa Milho e Sorgo: Comunicado Técnico n. 144).
- PINTO, N. F. J. A.; VASCONCELOS, C. A. Efeitos de sistemas de rotação de culturas nas densidades populacionais de *Pratylenchus* spp. parasitas do milho. Nematologia Brasileira, Piracicaba, v.16, n.1-2, p.81, 1992. Edição de Resumos do XVI Congresso Brasileiro de Nematologia, Lavras, MG. fev. 1992.
- PINTO, N.F.J.A.; FERNANDES, F. T.; OLIVEIRA, E. de. Milho (*Zea mays* L.) Controle de doenças. In : VALE, F.X. R.; ZAMBOLIM, L. Eds. Controle de doenças de plantas: grandes culturas. Viçosa : UFV, 1997. cap. 17, p.821-863.
- PINTO, N.F.J.A.; LORDELLO, L.G.E. Avaliação do parasitismo de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* em cultivares de milho. Fitopatologia Brasileira, Brasília, v.10, n.2, p.356, jun. 1985. ref. 286. Edição de Resumos do XXVIII Congresso da Sociedade Brasileira de Fitopatologia, Fortaleza, CE jul. 1985.

- 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. – Goiânia, 2003. Dissertação de Mestrado UFG.
- PORTELLA, J.A.; EICHELBERGER, L. Secagem de grãos. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 194 p.
- POTTER, C. The biology and distribution of *Rhizopertha dominica* (Fab.). Transactions of the Royal Entomological Society of London, v.83, p.449-482, 1935.
- POY, L. de A. Ciclo de vida de *Rhizopertha dominica* (Fabricius, 1972) (Col., Bostrychidae) em farinhas e grãos de diferentes cultivares de trigo. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1991. 135p. Tese Mestrado.
- PUZZI, D. Abastecimento e armazenamento de grãos. Ed. atualizada. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2000. 666p.
- QUAGGIO, J.A. Métodos de laboratório para determinação da necessidade de calagem em solos. In: REUNIAO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 15.; SIMPOSIO SOBRE ACIDEZ E CALAGEM, 1982, Campinas. Acidez e calagem no Brasil. Campinas: SBCS, 1983. p.33-48.
- REES, D. P. Coleoptera. In: SUBRAMANYAM, B.; HAGSTRUM, D. W. (Eds.). Integrated Management of Insects in Stored Products. New York: Marcel Dekker, Inc., 1996. p. 1-39.
- REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. São Paulo: Manole, 1987. 188p.
- RESENDE, M.; FRANÇA, G.E.; COUTO, L. Cultivo do milho irrigado. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 39p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 6).
- RESENDE, M. O manejo dos solos na agricultura sustentável. In: ALMEIDA, J.; Navarro, Z. Reconstruindo a Agricultura: idéias e ideais na perspectiva de um desenvolvimento sustentável. Porto Alegre: UFRGS, 1997. p.253- 288.
- RIBEIRO, A.C.; GUIMARAES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.
- RICHEY, C.B.; GRIFFITH, D.R.; PARSONS, S.D. Yield and cultural nergy requirements for corn and soybean with various tillage-planning systems. Avances in Agronomy, New York, v.29, p.141-81,1977.
- RITCHIE, S.; HANWAY, J. J. How a Corn Plant Develops. Special Report No. 48. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service. Ames, Iowa. 1989.
- ROSS, M. A.; LEMBI, C. A. 1999. Applied weed science. 2. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 452p.
- RUEDELL, J. Plantio direto na região de Cruz Altas. Cruz Alta,: FUNDACEP-FECOTRIGO:, 1995.134 p. Convênio FUNDACEP/BASF.

RUEDELL, J. A soja numa agricultura sustentável. In: SILVA, M.T.B. da (Coord.) A soja em rotação de culturas no plantio direto. Cruz Alta. RS: FUNDACEP-FECOTRIGO, 1998. cap.1, p.1-34.

SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; FONTES, C.Z. Sistema plantio direto. Brasília: EMBRAPA-SPI/ Dourados: Embrapa-CPAO, 1998. 248p. (Coleção 500 perguntas 500 respostas).

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

SANS, L.M.A.; GUIMARÃES, D.P. Zoneamento agrícola. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. Sistema de Produção, 1. Versão Eletrônica - 6ª edição Set./2010.

SANS, L. M. A. ; SANTANA. D. P. Cultivo do milho: Clima e solo (Comunicado Técnico), Embrapa Milho e Sorgo, v. 38, 4p., 2002.

SANTOS, J. P. Controle de pragas de grãos armazenados. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO. 19., 1992, Porto Alegre. Conferências... Porto Alegre: SAA, ABMS, EMATER/RS, EMBRAPA/CNPMS, CIENTEC, 1992. p.191-209.

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, MG, v. 4, p. 70-71, 1991.

SANTOS, J.P. Armazenagem de milho a granel na fazenda. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2004. 6 p. (Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica, 55).

SANTOS, J.P. Controle de pragas durante o armazenamento de milho. In: CRUZ, J.C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M.A.R.; MAGALHÃES, P.C. A cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008a. p. 257-302.

SANTOS, J.P. Paiol Balaio de Milho: prevenção contra caruncho e roedores. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2008b. 9 p. (Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica, 99).

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, 1988a. 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, MG. 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, MG. 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).

SANTOS, J.P.; CAJUEIRO, I.V.M.; FONTES, R.A. Avaliação de perdas causadas por insetos no milho armazenado ao nível de fazenda, em três estados. In: PAIVA, E. (Ed.). Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG: EMBRAPA-CNPMS, 1986. p. 65-66.

SANTOS J. P.; MANTOVANI, E.C. Perdas de grãos na cultura do milho; pré-colheita, transporte e armazenamento. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1997. 40p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 24).

SANTOS, J. P.; WAQUIL, J.M. Avaliação de inseticidas pulverizados em diferentes superfícies visando higienização espacial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 17, 1998, Rio de Janeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 17; ENCONTRO NACIONAL DE FITOSSANITARISTAS, 8., 1998, Rio de Janeiro, RJ. Resumos... Rio de Janeiro: SEB, 1998. p.635.

SANTOS, J.P.; FONTES, R.A. Armazenamento e controle de insetos no milho estocado na propriedade agrícola. Informe Agropecuario, Belo Horizonte, v.14, n.165, p.40-45, 1990.

SHURTLEFF, M. C. Compendium of corn diseases. 3.ed. St. Paul: American Phytopathological Society, 1980. 105p.

SILVA, A.A.L. Influência do processo de colheita na qualidade do milho (*Zea mays* L.) durante o armazenamento. 1997. 77p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – UFV, Viçosa, 1997.

SILVA, J. de S.; BERBERT, P.A.; AFONSO, A.D.L.; RUFATO, S. Qualidade de grãos. In: SILVA, J. de S. Secagem e armazenagem de produtos agrícolas. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2000. p. 63-105.

SILVA, J.S. Secagem e armazenagem de produtos agrícolas. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2008. 560p.

SILVA, J. B.; CRUZ, J. C.; SILVA, A. F. Controle de plantas daninhas. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Recomendações técnicas para o cultivo do milho.3.ed. Sete Lagoas, 1987. p.31-41 (EMBRAPA-CNPMS.Circular Técnica, 4).

SINHA, R. N.; MUIR, W. E. Grain storage: part of a system. Westport: The AVI Publishing Co, 1973. 481 p. 2.

SOUZA, O. W. Silagem de milho úmido. In: LORINI, I.; MIIKE, L. H. E.; SCUSSEL, V. M. (Ed.). Armazenagem de grãos. Campinas: IBG, 2002. p. 859-885.

- 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 Brasileira de Zootecnia, Viçosa*, v.17, n.5, p.428-433, 1988.
- TAIGANIDES, E. P. *Animal Wastes*. London: Applied Science Publishers, 1977. 429p.
- TECNICOS e agricultores discutem os rumos do PD no terceiro milênio. *A granja, Porto Alegre*, v.56, n.619, p.64-65, 2000.
- TSUMANUMA, G. M. Desempenho do milho consorciado com diferentes espécies de braquiárias, em Piracicaba, SP. – Piracicaba, 2004. Dissertação de Mestrado ESALQ.
- VIANA, P.A. Instigação. In: COSTA, E.F.; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.A.(Ed.) *Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação*. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS / Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p.249-268.
- VITTI, G.C.; MALAVOLTA, E. Fosfogeno- uso agrícola. In: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRÍCOLAS, 1985, Piracicaba. *Anais... Campinas: Fundação Cargill*, 1985. p.
- WAQUIL, J.M.; CRUZ, I.; VIANA, P.A. Pragas do sorgo. *Informe Agropecuario, Belo Horizonte*, v.12, n.144, p.46-51, 1986.
- WEBER, E.A. *Armazenagem agrícola*. Porto Alegre: Kepler Weber Industrial. 1995. 400p.
- WEBER, E.A. *Excelência em beneficiamento e armazenagem de grãos*. 2005. 586p.
- ALBUQUERQUE, P. E. P. de. **Planilha eletrônica para programação da irrigação em sistemas de aspersão convencional, pivô central e sulcos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 18 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 97). Disponível em: . Acesso em: 20 out. 2013.
- ALBUQUERQUE, P. E. P. de; ANDRADE, C. de L. T. de. **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).
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration**: guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO, 1998. 300 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 144 p. (Irrigation and Drainage Paper, 24).
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.
- IRRIGAFÁCIL. Disponível em: . Acesso em: 20 out. 2013.
- RESENDE, M.; FRANÇA, G. E.; COUTO, L. **Cultivo do milho irrigado**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 39 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular

BULL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L. T.; CANTARELLA, H. (Eds.). **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 63-145.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007, p.375-470.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; CAMARGO, C. E.O. Cereais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. p.43-71 (Boletim Técnico, 100).

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

FANCELLI, A.L.; TSUMANUMA, G.M. Nitrogênio e enxofre nas culturas de milho e feijão. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S.; VITTI, G.C. (Eds.). **Simpósio sobre nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: IPNI Brasil, 2007, p.445-486.

LEIKAM, D. Soil sampling, soil testing, and fertility program development. In: STEWART, W.M.; GORDON, W.B. (Eds.) **Fertilizing for irrigated corn: guide to best management practices**. Norcross: IPNI, 2008, p.1-7.

OLIVEIRA JÚNIOR, A.; CASTRO, C.; KLEPKER, D.; OLIVEIRA, F.A. Soja. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, W. STIPP, S.R. (Eds.). **Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes**: culturas. v.3. Piracicaba: IPNI Brasil, 2010, p.1-38.

RESENDE, A.V.; MARS, G.; SIMÃO, E.P.; GUIMARÃES, P.E.O.; GUIMARÃES, L.J.M. Compartimentalização e dinâmica de potássio em plantas de milho. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 20. Cusco, 2014. Educar para preservar el suelo y conservar la vida en la Tierra. **Anales...** Cusco: SLCS/SPCS, 2014. 6p. (CD-rom)

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. (Eds.). **Anais do Simpósio sobre Fósforo na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 2004b. p.157-200.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado**: correção do solo e adubação. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004a. 416p.

## Glossário

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z



**A**

**Acérvulo** - frutificação típica de fungos pertencentes ao gênero Coletotrichum, onde são produzidos os esporos do patógeno.

**Água facilmente disponível (AFD)** - é a fração da Água total disponível (ATD) que se diz facilmente retirada do solo pela cultura, pois essa fração de água está retida a maiores potenciais (ou menores tensões). Ela é o resultado do produto do fator de disponibilidade (f) com a ATD ( $f \times ATD$ ).

**Água total disponível (ATD)** - é a água compreendida entre a capacidade de campo (CC - limite superior) e o ponto de murcha permanente (PMP - limite inferior) do solo ( $ATD = CC - PMP$ ).

**Anasarca** - áreas de tecidos doentes com aspecto encharcado.

**B**

**Blocos de resistência elétrica** - blocos construídos de gesso ou outro material (célula de Colman) que medem a resistência do solo à passagem da corrente elétrica, a qual é correlacionada com a umidade ou o potencial desse solo, necessitando, dessa forma, serem calibrados para diferentes tipos de solo.

**C**

**Capacidade de campo (CC)** - é a quantidade de água retida pelo solo após a drenagem ter ocorrido ou cessado em um solo previamente saturado por chuva ou irrigação; é a quantidade de água retida pelo solo quando a condutividade hidráulica não saturada se torna tão pequena que o fluxo de água pode ser considerado como sendo zero; para fins de irrigação, capacidade de campo é o conteúdo volumétrico de água em equilíbrio com o componente matricial do potencial de água de -10 a -30 kPa (-0,1 a -0,3 bar).

**Clorose (Cloróticas)** - amarelecimento dos tecidos foliares, devido à destruição ou não formação de clorofila.

**Coalescência (Coalescer)** - Fusão de duas ou mais lesões na folha.

**Coefficiente de cultura (Kc)** - é a razão entre a evapotranspiração da cultura (ETc) e a evapotranspiração de referência (ETo). É variável de acordo com o estágio fenológico da cultura, podendo atingir, por exemplo, valor superior à unidade na fase reprodutiva de muitas culturas;  $Kc = ETc / ETo$ .

**Coefficiente de depleção (f)** ou de disponibilidade da água no solo representa a fração de esgotamento da água do solo, ou seja, o valor (em decimal,  $0 < f < 1$ ) que está compreendido no intervalo entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP) no qual seja o limite mínimo de água disponível no solo que não haverá déficit hídrico à cultura. Assim, o valor de  $f = 0$  representa que não há depleção, ou seja, umidade do solo na CC; ao passo que  $f = 1$  há depleção total da água do solo, não há mais água disponível, isto é, o solo está no PMP. No caso do milho, o valor de f pode estar compreendido entre 0,5 a 0,6.

**Coefficiente de tanque (Kt)** - é a razão entre a evapotranspiração de referência (ETo) e a evaporação da água do tanque Classe A (ECA). É variável de acordo com as condições climáticas (principalmente umidade relativa do ar e velocidade do vento) e extensão da bordadura do tanque (solo vegetado ou nu);  $Kt = ETo / ECA$ .

**Conídios** - esporo produzido por fungos na fase de reprodução assexual.

**Cultivar** - Forma cultivada de algumas espécie. No caso do milho serve para designar tanto híbridos quanto variedade, sem distinção.

**Curva de retenção ou curva característica** - é uma propriedade ou característica físico-hídrica do solo que relaciona o conteúdo volumétrico de água (q) e o componente matricial do potencial de água no solo ( $Y_m$ ), muitas vezes expresso como carga hidráulica, h em unidades de coluna d` água (cm, m).

## D

**Densidade do solo (d) ou densidade aparente ou global** - é a relação entre a massa de uma amostra de solo seco a 110 °C e o volume dessa amostra não deformada, incluindo os espaços ocupados pelo ar e pela água. Também conhecida como massa específica aparente. Geralmente é expressa em  $g/cm^3$ .

**Desintegrar** - desaparecer

## E

**Eficiência de irrigação (Ei)** - é a eficiência com que o sistema aplica água à cultura, levando-se em conta fatores como as perdas por deriva, vazamentos etc. e a uniformidade de distribuição.

**Endogamia** - Fenômeno que corresponde à perda de vigor quando se acasalam indivíduos relacionados por ascendência. O máximo de endogamia ocorre com a autofecundação.

**Endosperma** - Tecido triplóide encontrado nas sementes de muitas angiospermas. È formado pela união dos dois núcleos polares do óvulo com um dos núcleos do gameta masculino.

**Epidemiologia** - estudo dos fatores que afetam a ocorrência e disseminação de doenças infecciosas.

**Esclerócios** - estruturas do fungo capazes de sobreviverem durante dias ou anos, em condições ambientais desfavoráveis.

**Esporo** - unidade reprodutiva do fungo, correspondente à semente das plantas.

**Estande** - número de plantas finais por unidade de área.

**Evaporação (E)** - processo físico, dependente de energia, envolvendo uma mudança de estado da água de uma fase líquida para vapor. Também pode ser definida como a quantidade total de água perdida de uma superfície coberta com vegetação através da evaporação direta da água de interceptação e da superfície do solo.

**Evapotranspiração (ET)** - combinação da transpiração (T) e evaporação (E);  $ET = T + E$ .

**Evapotranspiração da cultura (ETc)** - é a evapotranspiração real de qualquer cultura em qualquer estágio fenológico, podendo estar sofrendo ou não limitação hídrica ou outro fator que impeça a sua taxa potencial. Diz-se que a ETc é máxima ou potencial quando a cultura não sofre limitações tanto hídrica quanto de outros fatores (ataque de doenças, pragas, restrição mineral etc.).

**Evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>)** - a nova conceituação de ET<sub>o</sub> considera a taxa de evapotranspiração (ET) de uma cultura hipotética, com uma altura uniforme de 0,12 m, resistência do dossel da cultura de 70 sm<sup>-1</sup> e albedo de 0,23. Esse conceito de ET<sub>o</sub> assemelha-se, bem de perto, a ET de uma superfície extensa coberta com grama de altura uniforme, em crescimento ativo e cobrindo completamente a superfície do solo e sem restrição de umidade.

## F

**F<sub>1</sub>** - Primeira geração filial proveniente do acasalamento de progenitores homocigóticos. No caso do milho representa a semente comercial de uma cultivar.

**F<sub>2</sub>** - Segunda geração filial proveniente do intercruzamento ou autofecundação de indivíduos de geração F<sub>1</sub>. No caso do milho representa o grão colhido de uma lavoura comercial e que será utilizado como semente na lavoura do ano seguinte.

**Fator ou fração de disponibilidade ou coeficiente de depleção (f)** - é o percentual sobre o total da água disponível no solo que é previamente estabelecido, a fim de que a cultura não sofra redução em sua taxa máxima de evapotranspiração. O seu valor está na faixa de 0 a 1 e depende basicamente do tipo de cultura e das condições climáticas reinantes. Define o conceito de *Água Facilmente Disponível*.

## G

**Genótipo** - a constituição genética de um organismo.

## H

**Híbrido** - Indivíduo resultante do acasalamento de dois progenitores com genótipos diferentes.

**Híbridos duplos** - semente de milho obtida pelo cruzamento de dois híbridos simples, envolvendo, portanto, quatro linhagens endogâmicas.

**Híbridos triplos** - semente de milho obtida do cruzamento de um híbrido simples com uma terceira linhagem.

**Híbridos simples** - semente de milho obtida pelo cruzamento de duas linhagens endogâmicas.

**Hifas** - estrutura filamentosa simples ou ramificada, septada ou não, de cor variável.

**Hospedeiro** - todo vegetal do qual o fungo retira os nutrientes para seu sustento

## I

**Inóculo** - o patógeno ou parte do patógeno capaz de causar infecção. A parte ou porção do patógeno que entra em contacto com o hospedeiro.

**J****K****L**

**Lâmina bruta de irrigação (LB)** - é lâmina total que deverá ser aplicada prevendo-se perdas (devido a deriva, vazamentos etc.) e a uniformidade de distribuição, por isso é obtida pela divisão da lâmina líquida (LL) pela eficiência de irrigação (Ei) ( $LB = LL / Ei$ ).

**Lâmina líquida de irrigação (LL)** - é a lâmina de água que representa o consumo real de água pela cultura, essa deverá ser adicionada ao solo para suprir a demanda das plantas num determinado espaço de tempo, o qual pode ser definido pelo turno de irrigação.

**Lesão** - área de tecido doente (clorótica ou necrótica).

**M**

**Micélio** - parte vegetativa dos fungos, formada por um conjunto de hifas

**Mollicute** - microorganismos do grupo procarionte sem parede celular, pertencentes aos gêneros *Spiroplasma* e *Phytoplasma*

**N**

**Necrose(Necróticas)** - morte ou descoloração de tecidos foliares resultantes da infecção por um agente patogênico.

**O****P**

**Patógeno** - qualquer organismo vivo capaz de causar doença.

**Perfilhamento** - Capacidade de alguns grupos de plantas emitir brotação lateral

**Picnídios** - corpos de frutificação dos fungos dentro dos quais são produzidos os conídios

**Plantabilidade** - Facilidade de passagem das sementes tratadas com inseticidas, em sistema de distribuição de disco de plantio, após o uso do grafite como agente lubrificante

**Plântula** - plantas com poucos dias de emergência

**Potencial da água no solo (Y)** - representa o estado de energia da água no solo e governa todos os processos de transporte de água no sistema solo - planta - atmosfera; representa o trabalho realizado quando a unidade de massa (volume ou peso) de água em estado padrão é levada isotérmica, isobárica e reversivelmente para o estado considerado no solo. Esse potencial é o somatório dos potenciais de pressão, de soluto ou osmótico, matricial e gravitacional. Para efeito de irrigação, o potencial matricial torna-se o componente mais importante, que expressa a parte do potencial de água devido à interação com a matriz do solo, esse é sempre negativo e normalmente chamado também de *tensão da água no solo*, neste caso, ele é representado em módulo (sem o sinal negativo).

**Ponto de murcha permanente (PMP)** - é o conteúdo de água no solo retido a um componente matricial do potencial de água tão elevado, em valor absoluto, tal que a maioria das plantas não consegue extrair água do solo e entra em murcha permanente; para fins de irrigação, o ponto de murcha permanente é o conteúdo volumétrico de água em equilíbrio com o componente matricial do potencial de água no solo de -1500 kPa (-15 bar).

**Profundidade efetiva do sistema radicular (Z)** - é a profundidade do solo considerada onde se concentra o maior volume de raízes, que é particularmente útil para a determinação da lâmina de água no solo que pode estar disponível às plantas.

**Pústula** - pequenas elevações que se formam na epiderme da folha, resultante da pressão causada pelos uredosporos formados internamente.

## Q

## R

**Radiação Fotossinteticamente Ativa** - É a radiação que efetivamente faz a fotossíntese.

## S

**Senescentes** - plantas no estágio final do ciclo

**Sistêmica(infecção)** - Disseminada internamente por toda parte da planta.

## T

**Tanque Classe A** - tanque de aço com diâmetro de 120 cm e altura de 30 cm que é utilizado cheio de água para medir a sua evaporação diária (ECA) e relacioná-la com a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) através do coeficiente de tanque (K<sub>t</sub>);  $ET_o = K_t \times ECA$ .

**Tensiômetro** - é um instrumento que mede o componente matricial do potencial de água no solo na faixa entre 0 e -80 kPa. Os valores determinados através do tensiômetro podem ser expressos nas seguintes unidades: centibar ou quilopascal, atmosfera, metro ou centímetro de coluna d'água ou centímetro de mercúrio.

**Transpiração (T)** - quantidade total de água perdida de uma superfície coberta com vegetação através da evaporação direta da água que passa principalmente pelas folhas das plantas.

**Turno de Rega ou de Irrigação (TI)** - é o intervalo de tempo (geralmente em dias) entre duas irrigações sucessivas, sendo esse o tempo necessário para que a cultura consuma, através da evapotranspiração (ET<sub>c</sub>), a água facilmente disponível (AFD) no solo na profundidade efetiva do sistema radicular (Z). Portanto,  $TI = AFD \times Z / ET_c$ .

## U

## V

**Variedade** - um conjunto de plantas com características comuns, sendo um material geneticamente estável.

**Velocidade de infiltração (VI)** - é a velocidade com que a água se infiltra no solo. É expressa em termos de altura de lâmina de água por unidade de tempo. A velocidade de infiltração nos solos diminui com o aumento do tempo de aplicação da água. No início ela é relativamente alta e vai diminuindo gradativamente até um valor quase constante. Nesse ponto, onde a variação da VI é muito pequena, praticamente constante, ela é chamada de Velocidade de Infiltração Básica (VIB).

## W

## X

## Y

Z

## Todos os autores

**André Luiz Melhorança**

*Pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Plantas Daninhas*

[andre@cpao.embrapa.br](mailto:andre@cpao.embrapa.br)

**Antonio Marcos Coelho**

*Superior Em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Fertilidade Do Solo*

[antoniomarcos.coelho@embrapa.br](mailto:antoniomarcos.coelho@embrapa.br)

**Camilo de Lelis Teixeira de Andrade**

*Superior Em Engenharia Rural/agra./agrícola, mestrado Em Engenharia Rural/agra./agrícola, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Irrigação*

[camilo.andrade@embrapa.br](mailto:camilo.andrade@embrapa.br)

**Carlos Roberto Casela**

*Pesquisador Aposentado da Embrapa Milho e Sorgo, Fitopatologia*

[carlos@hotmail.com](mailto:carlos@hotmail.com)

**Dagma Dionisia da Silva**

*Doutorado Em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Fitopatologia*

[dagma.silva@embrapa.br](mailto:dagma.silva@embrapa.br)

**Daniel Pereira Guimaraes**

*Superior Em Engenharia Florestal, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo*

[daniel.guimaraes@embrapa.br](mailto:daniel.guimaraes@embrapa.br)

**Decio Karam**

*Superior Em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Plantas Daninhas*

[decio.karam@embrapa.br](mailto:decio.karam@embrapa.br)

**Derli Prudente Santana**

*Superior Em Agronomia, doutorado Em Agronomia, mestrado Em Fitotecnia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Manejo Dos Solos*

[derli.prudente@embrapa.br](mailto:derli.prudente@embrapa.br)

**Egídio Arno Konzen**

*Pesquisador Aposentado da Embrapa Milho e Sorgo, Manejo Dos Solos*

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

**Elena Charlotte Landau**

*Superior Em Ciências Biológicas, doutorado Em Ecologia, pos-doutorado Em Biologia Vegetal, mestrado Em Ecologia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Zoneamento Agroclimático*

[charlotte.landau@embrapa.br](mailto:charlotte.landau@embrapa.br)

**Elizabeth de Oliveira Sabato**

*Superior Em Ciências Biológicas, doutorado Em Agronomia, mestrado Em Agronomia, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Fitopatologia*

[elizabeth.o.sabato@embrapa.br](mailto:elizabeth.o.sabato@embrapa.br)

**Evandro Chartuni Mantovani**



*Superior Em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Mecanização*  
[evandro.mantovani@embrapa.br](mailto:evandro.mantovani@embrapa.br)

**Francisco Morel Freire**

*Pesquisador*  
[francisco.morel@epamig.br](mailto:francisco.morel@epamig.br)

**Francisco Tenorio Falcao Pereira**

*Superior Em Agronomia, mestrado Em Fitotecnia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo*  
[francisco.pereira@embrapa.br](mailto:francisco.pereira@embrapa.br)

**Frederico Ozanan Machado Duraes**

*Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Fisiologia*  
[frederico.duraes@embrapa.br](mailto:frederico.duraes@embrapa.br)

**Geraldo Augusto de Melo Filho**

*Pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste*  
[geraldo@cpao.embrapa.br](mailto:geraldo@cpao.embrapa.br)

**Gilson Villaça Exel Pitta**

*Pesquisador Aposentado da Embrapa Milho e Sorgo, Fertilidade Do Solo*  
[gpitta@cnpms.embrapa.br](mailto:gpitta@cnpms.embrapa.br)

**Gonçalo Evangelista de França**

*Engenheiro Agrônomo, Ph.d Em Fertilidade do Solo, Pesquisador Aposentado*  
[goncaloef@yahoo.com.br](mailto:goncaloef@yahoo.com.br)

**Irineu Lorini**

*Superior Em Agronomia, mestrado Em Ciencias Biologicas, Ph.d., Pesquisador da Embrapa Soja*  
[irineu.lorini@embrapa.br](mailto:irineu.lorini@embrapa.br)

**Israel Alexandre Pereira Filho**

*Superior Em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Fitotecnia*  
[israel.pereira@embrapa.br](mailto:israel.pereira@embrapa.br)

**Ivan Cruz**

*Superior Em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Entomologia*  
[ivan.cruz@embrapa.br](mailto:ivan.cruz@embrapa.br)

**Jamilton Pereira dos Santos**

*Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Armazenamento Grãos/entomologia*  
[jamilton@cnpms.embrapa.br](mailto:jamilton@cnpms.embrapa.br)

**Jason de Oliveira Duarte**

*Superior Em Ciencias Economicas, mestrado Em Economia Rural/agraria/agricol, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Economia Rural*  
[jason.duarte@embrapa.br](mailto:jason.duarte@embrapa.br)

**Jéssica Aline Alves Silva**

*Graduanda Engenharia Ambiental Pela Unifemm*  
[jessicaalial@gmail.com](mailto:jessicaalial@gmail.com)

**Joao Carlos Garcia**

*Superior Em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Economia Rural*  
[joao.garcia@embrapa.br](mailto:joao.garcia@embrapa.br)

**Joao Herbert Moreira Viana**

*Superior Em Agronomia, doutorado Em Agronomia, mestrado Em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Manejo Do Solo*  
[joao.herbert@embrapa.br](mailto:joao.herbert@embrapa.br)

**José Magid Waquil**

*Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Entomologia*  
[jmwaquil@gmail.com](mailto:jmwaquil@gmail.com)

**Jurandir Vieira de Magalhaes**

*Superior Em Agronomia, doutorado Em Ciencia do Solo, mestrado Em Solos e Nutricao de Plantas, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Melhoramento de Plantas*  
[jurandir.magalhaes@embrapa.br](mailto:jurandir.magalhaes@embrapa.br)

**Luciano Viana Cota**

*Superior Em Agronomia, doutorado Em Agronomia, mestrado Em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Doenças*  
[luciano.cota@embrapa.br](mailto:luciano.cota@embrapa.br)

**Luiz Carlos Hernani**

*Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Manejo E Fertilidade Do Solo*  
[hernani@cpao.embrapa.br](mailto:hernani@cpao.embrapa.br)

**Luiz Marcelo Aguiar Sans**

*Pesquisador Aposentado da Embrapa Milho e Sorgo, Climatologia E Zoneamento Agrícola*  
[lsans@cnpms.embrapa.br](mailto:lsans@cnpms.embrapa.br)

**Manoel Ricardo de Albuquerque Filho**

*Superior Em Agronomia, doutorado Em Agronomia, mestrado Em Agronomia da Embrapa Milho e Sorgo Manejo e Conservação do Solo*  
[manoel.ricardo@embrapa.br](mailto:manoel.ricardo@embrapa.br)

**Marco Aurelio Guerra Pimentel**

*Superior Em Agronomia, doutorado Em Ciencias, mestrado Em Ciencias, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo*  
[marco.pimentel@embrapa.br](mailto:marco.pimentel@embrapa.br)

**Marcos Joaquim Mattoso**

*Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Manejo E Fertilidade Do Solo*  
[matoso@cnpms.embrapa.br](mailto:matoso@cnpms.embrapa.br)

**Marcos Jose de Oliveira Fonseca**

*Superior Em Agronomia, doutorado Em Producao Vegetal, mestrado Em Fitotecnia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Fisiologia e Manejo Pós-colheita*  
[marcos.fonseca@embrapa.br](mailto:marcos.fonseca@embrapa.br)

**Maurilio Fernandes de Oliveira**

*Superior Em Agronomia, doutorado Em Agronomia, mestrado Em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Manejo de Plantas Daninhas*  
[maurilio.oliveira@embrapa.br](mailto:maurilio.oliveira@embrapa.br)

**Miguel Marques Gontijo Neto**

*Superior Em Agronomia, doutorado Em Zootecnia, mestrado Em Zootecnia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Forragicultura*  
[miguel.gontijo@embrapa.br](mailto:miguel.gontijo@embrapa.br)

**Morethson Resende**

*Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Irrigação E Drenagem*  
[resende@cnpms.embrapa.br](mailto:resende@cnpms.embrapa.br)

**Nicésio Filadelfo Janssen de Almeida Pinto**

*Pesquisador Aposentado da Embrapa Milho e Sorgo, Controle de Nematóides*  
[nicesio@cnpms.embrapa.br](mailto:nicesio@cnpms.embrapa.br)

**Paulo Afonso Viana**

*Superior Em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Entomologia*  
[paulo.viana@embrapa.br](mailto:paulo.viana@embrapa.br)

**Rodrigo Veras da Costa**

*Superior Em Agronomia, doutorado Em Ciencias, mestrado Em Ciencias, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Doenças*  
[rodrigo.veras@embrapa.br](mailto:rodrigo.veras@embrapa.br)

**Paulo Cesar Magalhaes**

*Superior Em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Ecofisiologia*  
[paulo.magalhaes@embrapa.br](mailto:paulo.magalhaes@embrapa.br)

**Paulo Emilio Pereira de Albuquerque**

*Superior Em Engenharia Rural/agra./agrícola, mestrado Em Engenharia Rural/agra./agrícola, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Irrigação e Drenagem*  
[paulo.albuquerque@embrapa.br](mailto:paulo.albuquerque@embrapa.br)

**Ramon Costa Alvarenga**

*Superior Em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Manejo Dos Solos*  
[ramon.alvarenga@embrapa.br](mailto:ramon.alvarenga@embrapa.br)

**Ricardo A. L. Brito**

*Pesquisador Aposentado da Embrapa Milho e Sorgo, Irrigação E Drenagem*  
[rbrito@cnpms.embrapa.br](mailto:rbrito@cnpms.embrapa.br)

**Rubens Augusto de Miranda**

*Superior Em Ciencias Economicas, doutorado Em Administracao, mestrado Em Economia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo*  
[rubens.miranda@embrapa.br](mailto:rubens.miranda@embrapa.br)

**Simone Martins Mendes**

*Superior Em Agronomia, doutorado Em Agronomia, mestrado Em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Entomologia*  
[simone.mendes@embrapa.br](mailto:simone.mendes@embrapa.br)

**Thiago Corrêa de Souza**

*Biólogo, D.sc. Em Fisiologia Vegetal. Bolsista Pós Doctor Na Unifenas*  
[thiagonepre@hotmail.com](mailto:thiagonepre@hotmail.com)

**Walter Jose Rodrigues Matrangolo**

*Superior Em Agronomia, doutorado Em Ciencias, mestrado Em Ciencias, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Agroecologia*  
[walter.matrangolo@embrapa.br](mailto:walter.matrangolo@embrapa.br)

**Jose Carlos Cruz**

*Superior Em Agronomia, mestrado Em Fitotecnia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Fitotecnia*  
[josecarlos.cruz@embrapa.br](mailto:josecarlos.cruz@embrapa.br)

**Vera Maria Carvalho Alves**

*Superior Em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Fertilidade De Solo*  
[vera.alves@embrapa.br](mailto:vera.alves@embrapa.br)

**Jason de Oliveira Duarte**

*Superior Em Ciencias Economicas, mestrado Em Economia Rural/agraria/agricol, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Economia Rural*  
[jason.duarte@embrapa.br](mailto:jason.duarte@embrapa.br)

**Antonio Marcos Coelho**

*Superior Em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Fertilidade Do Solo*  
[antoniomarcos.coelho@embrapa.br](mailto:antoniomarcos.coelho@embrapa.br)

**Alvaro Vilela de Resende**

*Superior Em Agronomia, doutorado Em Agronomia, mestrado Em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Fertilidade do Solo*  
[alvaro.resende@embrapa.br](mailto:alvaro.resende@embrapa.br)

**Flavia Cristina dos Santos**

*Superior Em Agronomia, mestrado Em Solos e Nutricao de Plantas, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Fertilidade do Solo*  
[flavia.santos@embrapa.br](mailto:flavia.santos@embrapa.br)

## Expediente

### Embrapa Milho e Sorgo

#### Comitê de publicações

Sidney Netto Parentoni  
[Presidente](#)

Elena Charlotte Landau  
[Secretário executivo](#)

Flávia Cristina dos Santos  
Guilherme Ferreira Viana  
Eliane Aparecida Gomes  
Flávio Tardin  
Paulo Afonso Viana  
Rosângela Lacerda de Castro  
[Membros](#)

#### Corpo editorial

Israel Alexandre Pereira Filho  
[Editor\(es\) técnico\(s\)](#)

Antonio Claudio da Silva Barros  
Guilherme Ferreira Viana  
[Revisor\(es\) de texto](#)

Rosângela Lacerda de Castro  
[Normalização bibliográfica](#)

Enilda Alves Coelho  
Arnaldo Macedo Pontes  
[Editoração eletrônica](#)

### Embrapa Informação Tecnológica

Selma Lúcia Lira Beltrão  
Rúbia Maria Pereira  
[Coordenação editorial](#)

#### Corpo técnico

Cláudia Brandão Mattos (Auditora)  
Karla Ignês Corvino Silva (Analista de Sistemas)  
Talita Ferreira (Analista de Sistemas)  
[Supervisão editorial](#)

Cláudia Brandão Mattos  
Mateus Albuquerque Rocha (SEA Tecnologia)  
[Projeto gráfico](#)

### Embrapa Informática Agropecuária

Kleber Xavier Sampaio de Souza  
Sílvia Maria Fonseca Silveira Massruha  
[Coordenação técnica](#)

#### Corpo técnico

Leandro Henrique Mendonça de Oliveira (Suporte operacional)  
[Publicação eletrônica](#)

Dácio Miranda Ferreira (Infraestrutura de servidor)  
[Suporte computacional](#)