

INFORME AGROPECUÁRIO

v. 27 - n. 232 - maio/jun. 2006 ISSN 0100-3364



EPAMIG

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

**Sementes: inovações
tecnológicas no cenário nacional**



Semente básica da EPAMIG:



faz parte da vida da gente.



Apresentação

Desde os primórdios da agricultura, há cerca de 10 mil anos, o homem tem promovido uma evolução constante na forma de produzir alimentos. Nesta caminhada, o principal fator de evolução tem sido, sem dúvida, a semente. O Brasil, país com uma vocação agrícola detectada desde o seu descobrimento, tão logo iniciou uma escalada mais forte no desenvolvimento da agricultura, tratou de organizar o sistema de sementes, para garantir um futuro sustentável de produção.

Nesse cenário tem buscado, nos últimos anos, propiciar uma estrutura forte para o setor sementeiro, representada pelas Leis de Patentes, de Proteção de Cultivares, de Sementes e de Biossegurança que, se aplicadas com eficiência e eficácia, certamente irão assegurar o desenvolvimento de um agronegócio altamente competitivo. Transformar em realidade os ganhos em produtividade proporcionados pela pesquisa, a segurança fitossanitária, evitando a disseminação de pragas e doenças, a transferência rápida de tecnologia, elevando o nível dos agricultores, principalmente os pequenos, são desafios que podem ser vencidos somente com um programa sério de sementes melhoradas e de alta qualidade.

Pela importância desse insumo como base de desenvolvimento do agronegócio, agregado às novas e modernas técnicas da biotecnologia, a EPAMIG publica esta edição do Informe Agropecuário sobre Sementes, onde são apresentados os avanços obtidos nos últimos 24 anos.

Antônio Rodrigues Vieira

Informe Agropecuário

Uma publicação da EPAMIG
v.27 n.232 maio/jun. 2006
Belo Horizonte-MG

Sumário

Editorial	3
Entrevista	4
Perspectivas da indústria de sementes no Brasil	
<i>Raul Osório Rosinha</i>	7
Aspectos legais da produção e da comercialização de sementes	
<i>Silvana Rizza Ferraz e Campos, Waldênia de Melo Moura, Josete Pertel e Paulo César de Lima</i>	15
Inovações tecnológicas na produção de sementes	
<i>Édila Vilela de Resende Von Pinho e Kalinka Carla Padovani de Carvalho Salgado</i>	22
Produção de sementes	
<i>Antônio Rodrigues Vieira, Edson Marques da Silva e João Roberto de Mello Rodrigues</i>	32
Aspectos fisiológicos de sementes	
<i>Renato Mendes Guimarães, João Almir Oliveira e Antônio Rodrigues Vieira</i>	40
Controle de qualidade na produção de sementes	
<i>Maria Laene Moreira de Carvalho, José de Barros França Neto e Francisco Carlos Krzyzanowski</i>	52
Processamento de sementes pós-colheita	
<i>João Almir Oliveira, Renato Mendes Guimarães e Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa</i>	59
Armazenamento de sementes	
<i>Maria Laene Moreira de Carvalho e Francisco do Amaral Villela</i>	70
Tratamento de sementes no controle de fitopatógenos e pragas	
<i>José da Cruz Machado, José Magid Waquil, Jamilton Pereira dos Santos e Johann Wilhelm Reichenbach</i>	76
Técnicas moleculares em sementes	
<i>Maria das Graças Guimarães Carvalho Vieira, Édila Vilela de Resende Von Pinho e Kalinka Carla Padovani de Carvalho Salgado</i>	88

ISSN 0100-3364

Informe Agropecuário	Belo Horizonte	v. 27	n. 232	p. 1-96	maio/jun.	2006
----------------------	----------------	-------	--------	---------	-----------	------

© 1977 EPAMIG

ISSN 0100-3364

INPI: 006505007

**CONSELHO DE
DIFUSÃO DE TECNOLOGIA E PUBLICAÇÕES**

Baldonado Arthur Napoleão

Luiz Carlos Gomes Guerra

Manoel Duarte Xavier

Álvaro Sevarolli Capute

Maria Lélia Rodriguez Simão

Artur Fernandes Gonçalves Filho

Júlia Salles Tavares Mendes

Cristina Barbosa Assis

Vânia Lacerda

**DEPARTAMENTO DE TRANSFERÊNCIA
E DIFUSÃO DE TECNOLOGIA**

Cristina Barbosa Assis

**DIVISÃO DE PUBLICAÇÕES
EDITOR**

Vânia Lacerda

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Antônio Rodrigues Vieira

REVISÃO LINGÜÍSTICA E GRÁFICA

Marlene A. Ribeiro Gomide e Rosely A. R. Battista Pereira

NORMALIZAÇÃO

Fátima Rocha Gomes e Maria Lúcia de Melo Silveira

PRODUÇÃO E ARTE

Diagramação/formatação: *Rosângela Maria Mota Ennes,
Maria Alice Vieira e Fabriciano Chaves Amaral*

Capa: *Letícia Martinez*

Foto da capa: *Victor Brasil*

PUBLICIDADE

Décio Corrêa

Av. José Cândido da Silveira, 1.647 - Cidade Nova

Caixa Postal, 515 - CEP 31170-000 Belo Horizonte-MG

Telefone: (31) 3488-8565

publicidade@epamig.br

**Informe Agropecuário é uma publicação da
Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
EPAMIG**

É proibida a reprodução total ou parcial, por quaisquer meios, sem autorização escrita do editor. Todos os direitos são reservados à EPAMIG.

Os artigos assinados por pesquisadores não pertencentes ao quadro da EPAMIG são de inteira responsabilidade de seus autores.

Os nomes comerciais apresentados nesta revista são citados apenas para conveniência do leitor, não havendo preferências, por parte da EPAMIG, por este ou aquele produto comercial. A citação de termos técnicos seguiu a nomenclatura proposta pelos autores de cada artigo.

O prazo para divulgação de errata expira seis meses após a data de publicação da edição.

Assinatura anual: **6 exemplares**

Aquisição de exemplares

Setor Comercial de Publicação

Av. José Cândido da Silveira, 1.647 - Cidade Nova

Caixa Postal, 515 - CEP 31170-000 Belo Horizonte - MG

Telefax: (31) 3488-6688

E-mail: publicacao@epamig.br - Site: www.epamig.br

CNPJ (MF) 17.138.140/0001-23 - Insc. Est.: 062.150146.0047

Informe Agropecuário. - v.3, n.25 - (jan. 1977) - . - Belo Horizonte: EPAMIG, 1977 - .
v.: il.

Cont. de Informe Agropecuário: conjuntura e estatística. - v.1, n.1 - (abr.1975).

ISSN 0100-3364

1. Agropecuária - Periódico. 2. Agropecuária - Aspecto Econômico. I. EPAMIG.

CDD 630.5

O Informe Agropecuário é indexado na
AGROBASE, CAB INTERNATIONAL e AGRIS

Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Sistema Estadual de Pesquisa Agropecuária - EPAMIG, UFLA, UFMG, UFV

GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Aécio Neves da Cunha

Governador

**SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA,
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO**

Marco Antonio Rodrigues da Cunha

Secretário



EPAMIG

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

Presidência

Baldonado Arthur Napoleão

Diretoria de Operações Técnicas

Manoel Duarte Xavier

Diretoria de Administração e Finanças

Luiz Carlos Gomes Guerra

Gabinete da Presidência

Álvaro Sevarolli Capute

Assessoria de Comunicação

Roseney Maria de Oliveira

Assessoria de Desenvolvimento Organizacional

Ronara Dias Adorno

Assessoria de Informática

Renato Damasceno Netto

Assessoria Jurídica

Paulo Otaviano Bernis

Assessoria de Planejamento e Coordenação

José Roberto Enoque

Assessoria de Relações Institucionais

Artur Fernandes Gonçalves Filho

Auditoria Interna

Carlos Roberto Diadi

Departamento de Transferência e Difusão de Tecnologia

Cristina Barbosa Assis

Departamento de Pesquisa

Maria Lélia Rodriguez Simão

Departamento de Negócios Tecnológicos

Artur Fernandes Gonçalves Filho

Departamento de Prospecção de Demandas

Júlia Salles Tavares Mendes

Departamento de Recursos Humanos

Flávio Luiz Magela Peixoto

Departamento de Patrimônio e Administração Geral

Marlene do Couto Souza

Departamento de Obras e Transportes

Luiz Fernando Drummond Alves

Departamento de Contabilidade e Finanças

Celina Maria dos Santos

Instituto de Laticínios Cândido Tostes

Gérson Occhi

Instituto Técnico de Agropecuária e Cooperativismo

Marcello Garcia Campos

Centro Tecnológico do Sul de Minas

Edson Marques da Silva

Centro Tecnológico do Norte de Minas

Marco Antonio Viana Leite

Centro Tecnológico da Zona da Mata

Juliana Cristina Vieccelli de Carvalho

Centro Tecnológico do Centro-Oeste

Cláudio Egon Facion

Centro Tecnológico do Triângulo e Alto Paranaíba

Roberto Kazuhiko Zito

**A EPAMIG integra o
Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária,
coordenado pela EMBRAPA**

Semente: princípio de toda pesquisa

O trabalho da pesquisa na questão das sementes tem sido decisivo para o desenvolvimento do agronegócio brasileiro. Atributos de qualidade, tais como viabilidade e vigor, sanidade, pureza física e genética de sementes, são fundamentais para a formação de estande ideal, para determinação do potencial produtivo da lavoura e para a ausência de contaminantes, como pragas e doenças e plantas invasoras nas culturas. Tudo isso faz com que as sementes adquiram um status decisivo na produtividade das culturas e, conseqüentemente, no aumento da rentabilidade dos agricultores.

Em Minas Gerais, o melhoramento genético tem possibilitado o lançamento de cultivares de milho, soja, arroz, feijão e café, entre outras, capazes de gerar ganhos de produtividade, devido as suas características de resistência a doenças e pragas e maior adaptabilidade às condições de solo e clima. Todos esses fatores têm propiciado maior sustentabilidade da agricultura, através da elevação da produtividade sem aumento da área plantada.

Avanços na área de biotecnologia têm possibilitado o desenvolvimento de cultivares com características exigidas pelo mercado, com destaque para os transgênicos. Em 2004, a área global estimada das lavouras geneticamente modificadas autorizadas foi de 81 milhões de hectares. O Brasil e o Canadá ocupam o terceiro lugar em área plantada com, aproximadamente, 5 milhões de hectares.

Ao se considerar o valor do insumo semente, para todo o agronegócio, e a necessidade constante de pesquisas e melhoramentos, entendemos como prioritária a criação de mecanismos que assegurem e validem esses procedimentos, como a Lei de Proteção de Cultivares.

Esta edição do Informe Agropecuário tem o objetivo de apresentar aos leitores as inovações tecnológicas produzidas na área de sementes nesses últimos anos e as alterações ocorridas no cenário nacional.

Baldonado Arthur Napoleão

Presidente da EPAMIG

Inovação tecnológica: processo contínuo de desenvolvimento do agronegócio

O empresário Eder Luiz Bolson é formado em Engenharia Agrônoma, com mestrado em Agronomia e Negócios, nos Estados Unidos. Trabalhou como técnico do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento no Plano Nacional de Sementes/Agiplan. Foi pesquisador, gerente local e regional do Serviço de Sementes Básicas da Embrapa e Assessor de Planejamento da Embrapa, em Brasília. Exerceu o cargo de presidente da Associação de Sementes e Mudanças de Minas Gerais (Apsemg), por duas gestões. Foi vice-presidente para Negócios Internacionais da Associação Brasileira de Sementes e Mudanças (Abrasem).

Atualmente, é professor de Empreendedorismo e Planos de Negócios de cursos de pós-graduação da PUC e da Universidade Federal de Pelotas, RS.

É consultor do Centro de Estudos Avançados em Desenvolvimento da Fundação Israel Pinheiro e vice-presidente do Sindicato das Empresas de Biotecnologia (Sindbio). É atual presidente da Fundação de Apoio à Pesquisa e ao Desenvolvimento (Faped), ligada à Embrapa Milho e Sorgo.

E-mail: eder@israelpinheiro.org.br



IA - Qual a importância da inovação tecnológica para o crescimento agrícola de um país?

Eder Bolson – O tempo entre lançamento e aposentadoria das inovações tecnológicas está ficando cada vez menor. Quanto mais se inova, mais campos novos se abrem para exigir produtos e serviços ainda mais inovadores. Inovar virou um processo contínuo, uma engrenagem. Um rolo compressor que acaba moendo, transformando em pó, aqueles setores da economia mais lentos e conservadores. O processo de

criação e inovação no agronegócio brasileiro não pode diminuir o ritmo, nem parar. Doenças, pragas e outros problemas sempre existirão na agropecuária. Eles serão sempre ameaçadores, inesperados e destruidores.

IA - Qual o papel desempenhado pela pesquisa sobre sementes nos avanços tecnológicos conquistados pelo agronegócio brasileiro?

Eder Bolson – Nos últimos 15 anos, a produção brasileira de grãos cresceu 125%, com uma expansão de apenas

20% na área cultivada. Esse incremento na produtividade é uma expressão real dos resultados das pesquisas agropecuárias. Todos reconhecem o sucesso dos trabalhos dos pesquisadores no melhoramento genético, na adaptação ao ambiente brasileiro das diferentes espécies cultivadas. O sucesso do cultivo da soja nas regiões tropicais é um exemplo sempre citado. Poucos lembram do grande número de trabalhos científicos, específicos da área de sementes, que deram suporte ao crescimento do agronegócio brasileiro. Na década de 70, a

produção e a conservação de boas sementes de soja, por exemplo, eram tidas como impraticáveis, no estado do Mato Grosso. Esse problema e tantos outros foram resolvidos graças ao trabalho criativo e dedicado de diversos pesquisadores e tecnólogos de sementes. Eles desenvolveram tecnologias eficientes e regionalmente adaptadas nas áreas de fisiologia, maturação, viabilidade, germinação, vigor, dormência, inspeção de campos, colheita, secação, beneficiamento, patologia, tratamento químico, embalagem, testes laboratoriais e armazenagem de sementes.

IA - *Dentro desse contexto, como a biotecnologia pode contribuir para o desenvolvimento da agricultura brasileira?*

Eder Bolson – A biotecnologia surge como uma plataforma tecnológica para solucionar a difícil equação que consiste em produzir alimentos saudáveis, preservando o meio ambiente. Perdemos uma década discutindo os transgênicos dos pontos de vista da segurança alimentar e do meio ambiente. Esquecemos de investir pesado nas pesquisas. Esquecemos de discutir o custo dessas tecnologias importadas e patenteadas. Esquecemos da dependência externa e dos riscos que estamos correndo de perdermos nossa soberania. Perdemos muito tempo. Pelo que conheço do status atual das pesquisas brasileiras no setor, posso afirmar que o trem da moderna biotecnologia na agricultura já passou. Ele já vai lá longe, liderado

pelos Estados Unidos, Canadá, China e Índia. Se o governo brasileiro não agir com urgência e não multiplicar por dez os investimentos em pesquisas biotecnológicas, a sociedade pagará uma conta muito pesada no futuro.

IA - *Nesse caso, pode-se afirmar que a inovação tecnológica é uma ferramenta de extrema importância para empresas produtoras de sementes no Brasil?*

Eder Bolson – Estamos na alvorada de uma nova maneira de produzir e comercializar alimentos, biocombustíveis e fibras. Sempre que ocorrem mudanças, surgem oportunidades. Nesse cenário mutante, a inovação precisa ser estimulada e incorporada na rotina de qualquer empresa de sementes que queira prosperar. Quanto mais instável o ambiente econômico, maior a necessidade de criar e inovar nas estratégias empresariais. Maior terá que ser o esforço criativo para planejar, conquistar ou sustentar vantagens competitivas e lucros para os negócios.

IA - *É um bom negócio produzir sementes? O que se produz hoje é suficiente para atender à demanda do País?*

Eder Bolson – Produzir sementes é um negócio que demanda muito conhecimento e, por isso, agrega valor nas *commodities*. É um negócio que demanda muito investimento, capital de giro e boa gestão do fluxo de caixa. As des-

pesas são feitas muito antecipadamente. As receitas são concentradas e sazonais. Os prazos para recebimento são longos, muitas empresas vendem na época do plantio e só recebem depois das colheitas. O risco de sobras de sementes é elevado, porque o produtor de sementes planeja a produção um ano antes da demanda ocorrer. É por isso que, muitas vezes, o preço das sementes parece ser muito caro para os agricultores. É para poder compensar todos esses custos financeiros, perdas e riscos típicos da atividade sementeira. Nas últimas safras, as quantidades produzidas para as principais espécies têm sido suficientes para atender à demanda. As faltas eventuais de sementes são geralmente pontuais, regionais ou para alguma cultivar específica.

IA - *Na sua opinião, quais são os entraves para utilização de sementes no Brasil?*

Eder Bolson – A baixa rentabilidade da atividade agrícola é sempre o maior entrave para a adoção de tecnologias modernas. A maior parte dos agricultores brasileiros reconhece perfeitamente as vantagens obtidas com a utilização de boas sementes comerciais, em relação às sementes salvas na propriedade. A prova disso é que, a demanda por sementes de qualidade e, conseqüentemente, a taxa de utilização de sementes comerciais melhoram sempre que os preços dos produtos agrícolas remuneram justamente e os produtores rurais se capitalizam.

IA - *A nova lei de sementes atende às necessidades de produtores e consumidores? O que o senhor destacaria como relevante nessa lei?*

Eder Bolson - Destaco que a lei veio modernizar e contextualizar o processo de fiscalização e comércio de sementes com o novo cenário do agronegócio brasileiro. A lei antiga era de 1965. A nova lei é abrangente e monitora toda a cadeia produtiva do setor de sementes. Ela facilita, por exemplo, a fiscalização das sementes piratas. Seus dispositivos complementam a lei de proteção de cultivares. O defeito da nova lei é a atribuição exagerada de competências e responsabilidades para o Setor Público. Temo que isso vá acabar atrapalhando o dinamismo das empresas. Sabemos que, infelizmente, a estrutura organizacional e os recursos disponíveis nos órgãos públicos responsáveis pelo novo aparato legal não são suficientes. É o mesmo caso da febre aftosa. Temos uma excelente legislação para controlar a febre aftosa, mas nunca temos recursos suficientes para executá-la. É muito preocupante a notória falta de recursos para a montagem de um sistema dinâmico de implementação, controle e fiscalização da nova lei de sementes pelo governo federal.

IA - *A produção de sementes com alto padrão de qualidade pode proporcionar um crescimento acelerado do agronegócio brasileiro nos próximos anos?*

Eder Bolson - A taxa de crescimento do agronegócio brasileiro vai depender sempre das condições para exportar. Por outro lado, o sucesso do processo produtivo vai depender da sustentação tecnológica que receber das instituições oficiais de pesquisas e das empresas

A tecnologia para produção de sementes, disponível no Brasil, é uma das mais avançadas do mundo.

produtoras de insumos. Se o crescimento depender apenas da disponibilidade de sementes de qualidade, não teremos problemas. Temos mais de 500 boas empresas produtoras de sementes. Todas são equipadas com boas instalações de beneficiamento e armazenagem. Temos mais de 4 mil técnicos especializados envolvidos. A tecnologia para produção de sementes, disponível no Brasil, é uma das mais avançadas do mundo. Muitos famosos especialistas em sementes do exterior têm vindo aqui para ensinar e acabam aprendendo, com nossos técnicos e pesquisadores.

IA - *A pirataria é uma ameaça ao crescimento do mercado da indústria de sementes no Brasil?*

Eder Bolson - O crescimento do mercado para as empresas de sementes depende das inovações, do lançamento contínuo de cultivares mais produtivas, que tragam vantagens perceptíveis para os agricultores. A remuneração pela geração de inovações prevista na Lei de Proteção de Cultivares estimulou o investimento das empresas, cooperativas e fundações em programas de melhoramento genético. Se os direitos autorais forem desrespeitados, se o dinheiro investido não retornar para realimentar o processo, é evidente que a atividade de pesquisa genética e desenvolvimento de novas cultivares entrará em colapso.

A pirataria é uma ameaça grave porque, diante da diminuição dos recursos financeiros para os órgãos oficiais, os investimentos em pesquisas e inovações tecnológicas ficaram muito mais dependentes dos retornos proporcionados à iniciativa privada.

Diante disso, podemos concluir que: não só a atividade de produção de sementes, mas o futuro da cadeia produtiva do agronegócio brasileiro está ameaçado pela pirataria.

Perspectivas da indústria de sementes no Brasil

Raul Osório Rosinha¹

Resumo - A indústria de sementes tem sido alvo de mudanças significativas, devido à onda de fusões e aquisições entre empresas multinacionais ocorridas em nível mundial. No Brasil, esta reestruturação, que teve início em 1996, trouxe alterações na participação de mercado das empresas de sementes de capital nacional em relação àquelas empresas privadas de capital internacional. Este processo reduziu o número de empresas e afetou de forma direta a competitividade e a permanência no mercado de pequenas, médias e até mesmo de algumas empresas de sementes tidas como grandes no País. Diante das mudanças ocorridas e em face da regulamentação, em 1997, da Lei de Proteção de Cultivares, as instituições públicas e as empresas de sementes têm buscado o desenvolvimento de novos arranjos institucionais para continuar disponibilizando o resultado de seus programas de melhoramento genético vegetal dentro do novo marco regulatório. Os reflexos desse processo têm sido contundentes com reflexos marcantes na geração de alternativas tecnológicas e na capilaridade de distribuição das cultivares disponibilizadas. A nova configuração dessa indústria ainda não está plenamente definida e os desafios e oportunidades vislumbrados poderão resultar em perspectivas inovadoras para o posicionamento das empresas e da indústria de sementes no âmbito do agronegócio.

Palavras-chave: Semente. Mercado. Empresa. Competitividade. Parceria.

INTRODUÇÃO

Neste artigo é feita uma análise da reestruturação em curso da indústria de sementes no Brasil. Relacionam-se às estratégias empresariais dos principais atores dessa indústria, os condicionantes e fatores de competitividade envolvidos, o desenvolvimento de novos arranjos institucionais que estão se consolidando e os desafios e perspectivas para essa indústria.

EVOLUÇÃO RECENTE

Inicialmente estruturada e organizada com forte participação do setor público, a indústria de sementes desenvolveu-se de forma mais intensa a partir da entrada mais

consistente do setor privado, no decorrer da década de 80. Sua concepção teve como premissas:

- a) garantir o abastecimento de sementes;
- b) promover a transferência ao setor produtivo dos resultados da pesquisa e das tecnologias incorporadas à semente;
- c) ampliar a oferta de soluções tecnológicas disponíveis aos produtores rurais, considerando-se os diversos ambientes e espécies demandadas.

Ao se constituir no principal elo entre a pesquisa e o mercado, a indústria de se-

mentes contribuiu para o desenvolvimento da agricultura nos últimos 40 anos.

O investimento maciço realizado pelo poder público na área da pesquisa agropecuária, a crescente disponibilidade e adoção de novas cultivares, o estabelecimento de mecanismos de financiamento da atividade e de modernização do parque industrial, a organização das empresas de sementes e do sistema de produção, a capacitação técnica e gerencial empreendida e os investimentos realizados permitiram a consolidação dessa indústria no decorrer da década de 90.

A partir de 1995, a indústria de sementes mundial foi alvo de mudanças significa-

¹Eng^a Agr^a, M.Sc., Técn. Nível Superior Embrapa Transferência de Tecnologia, Caixa Postal 040315, CEP 70770-901 Brasília-DF. Correio eletrônico: raul.rosinha@embrapa.br

tivas, devido à onda de fusões e aquisições entre empresas multinacionais. Mesmo com todo o esforço despendido, a indústria de sementes no Brasil também foi afetada pela reestruturação, provocando alterações na participação de mercado das empresas de sementes de capital nacional – concentradas nas grandes *commodities* agrícolas – em relação àquelas empresas privadas de capital internacional.

A aprovação da Lei de Proteção de Cultivares e da Lei de Propriedade Industrial, nessa mesma época, a mudança da forma de atuação do Estado e os avanços na biotecnologia constituíram fatores indutores desta reestruturação. Antes restritas à pesquisa, ao desenvolvimento e ao lançamento de híbridos de milho e sorgo, empresas multinacionais passaram a trabalhar também com algodão e soja.

A semente passa a ser considerada também veículo estratégico para disseminação em larga escala de produtos biotecnológicos, ampliação dos mercados e diversificação de produtos. O emprego da biotecnologia é tido como decisivo para a competitividade do agronegócio, porque pode reconfigurar a importância dos fatores de produção, ao reduzir custos, poupar insumos e aumentar a capacidade de adaptação das espécies a uma maior diversidade de ambientes. São também consideradas ferramentas fundamentais para o desenvolvimento de inovações em produtos e de instrumentos de identificação e valorização de novos princípios ativos.

A engenharia genética não só é vista como capaz de revolucionar o setor de insumos para a agricultura, mas também de ampliar a extensão da propriedade intelectual de seus resultados através de alianças estratégicas com outros elos da cadeia produtiva, à medida que as inovações visam, cada vez mais, a determinadas qualidades industriais e ao atendimento a atributos de qualidade exigidos pelos consumidores finais.

Uma parte considerável do mercado de biotecnologia vegetal está diretamente relacionada com a produção e a comercia-

lização de sementes melhoradas e, portanto, a indústria de sementes. Nos anos 90, a Monsanto, Dow AgroSciences e DuPont (EUA), a Novartis (Suíça), a Aventis (Alemanha/França), a Sakata Seed (Japão) e a Savia S.A. (México) assumiram o controle de 103 empresas em nível mundial e 22, no Brasil, com seus bancos de germoplasma e programa de melhoramento genético (Gráfico 1).

O Brasil, ao movimentar US\$ 1,2 bilhão por ano, exportar US\$ 50 milhões e representar 50% do mercado sul-americano de sementes, é o quinto mercado mundial e como tal estimula o apetite concentrador, onde há interesse desses grupos em atuar no mercado de variedades, até então atividade quase exclusiva do setor público.

Nesse aspecto, é importante ressaltar que o processo de concentração desencadeado vem ocorrendo nos três mercados (híbridos, variedades e hortaliças). O interesse recente dessas empresas reside no mercado de variedades pelo tamanho do segmento e pela possibilidade de vender produtos associados à semente (inseticidas e herbicidas) ou, ainda, negociar com os demais elos da cadeia produtiva direitos de propriedade sobre características especiais incorporadas aos grãos.

O imediato acesso a um banco de germoplasma com materiais de origem tropical prontos para ser trabalhados, uma marca consolidada e uma carteira de clientes configuraram-se como fundamentais para que a estratégia de aquisição de empresas no Brasil fosse a mais adequada às multinacionais.

Conseqüentemente, na indústria de sementes instalada no Brasil, ocorreu um nítido deslocamento no mercado de variedades, do setor público para o privado e dentro deste último para as empresas transnacionais. A participação do setor privado nacional nas áreas de genética vegetal vem sendo reduzida gradativamente, sob o impacto combinado da biotecnologia e de novos regimes de apropriação privada de produtos e processos (Gráfico 2).

Entretanto, o foco dessas aquisições está

limitado a um número reduzido de espécies cultivadas e também a estratégias que combinam o uso de sementes ao uso de produtos, cuja apropriabilidade está bem configurada (agroquímicos, sementes híbridas). Esse mercado é centrado em *commodities*, com elevadas economias de escopo, associadas às economias de escala.

Assim, são objeto das estratégias dessas empresas apenas as espécies capazes de agregar valor, de fácil difusão por substituição de variedades vegetais, de utilização ampla nas indústrias alimentícia, química e farmacêutica e que causem impactos importantes na comercialização de agroquímicos (inseticidas e herbicidas) ou de produtos com características industriais, nutricionais ou farmacêuticas especiais.

A conseqüência desse processo de concentração industrial teve reflexos diretos no número de pequenas e médias empresas de sementes atuantes no Brasil. Muitas delas foram adquiridas e outras deixaram de atuar no mercado em função da nova configuração competitiva desenvolvida (Gráfico 3).

Paralelamente, o processo de aquisições de empresas trouxe, em alguns casos, a fusão dos bancos de germoplasma e absorção dos programas de melhoramento genético, levando as empresas a concentrarem esforços apenas nos melhores materiais, com tendência à eliminação de germoplasmas pouco promissores com perda/redução de fontes de diversidade genética.

FATORES DE COMPETITIVIDADE

Para o melhor entendimento da dinâmica da indústria de sementes, é de fundamental importância identificar e analisar os fatores de competitividade envolvidos no seu encadeamento e configuração.

A obtenção e a manutenção da competitividade das empresas de sementes nessa indústria dependem, fundamentalmente, de um conjunto de fatores que não necessariamente se encontram sob o domínio das organizações que atuam diretamente nela. A competitividade dessas organizações e

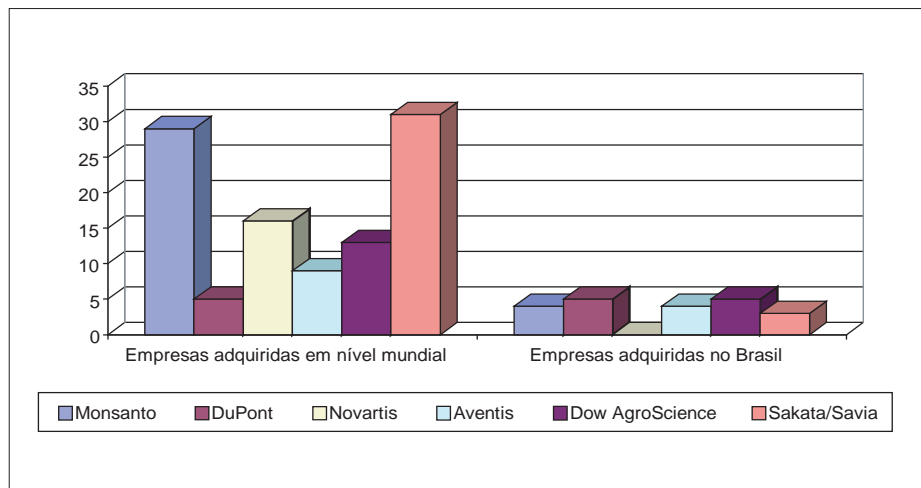


Gráfico 1 – Aquisições de empresas de sementes

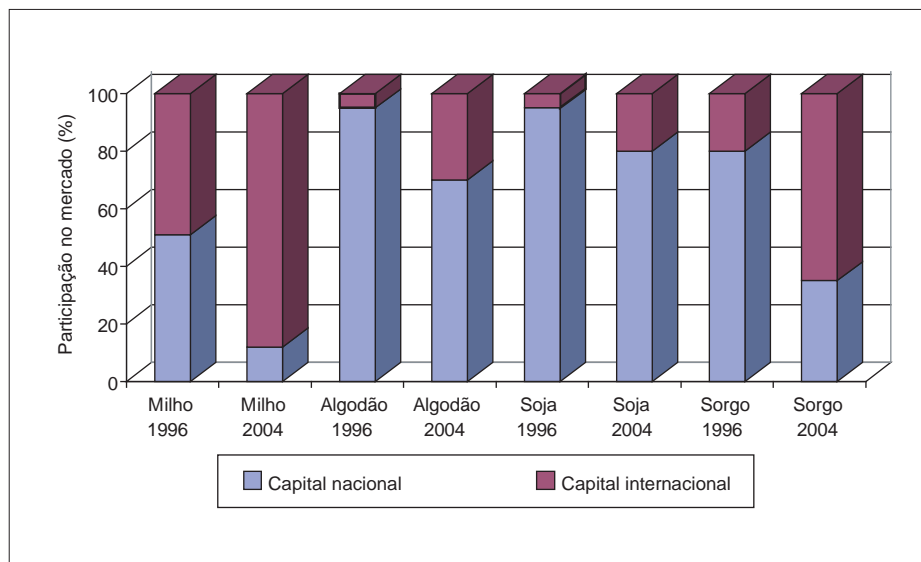


Gráfico 2 - Participação no mercado brasileiro segundo origem do capital

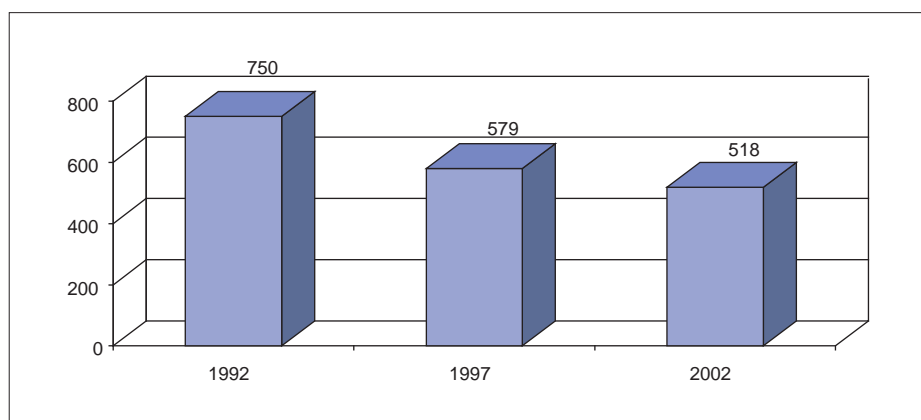


Gráfico 3 - Número de produtores de sementes filiados à Abrasem

NOTA: Abrasem - Associação Brasileira de Produtores de Sementes e Mudas.

conseqüentemente da indústria está fundamentada em quatro grandes fatores:

- disponibilidade e amplitude de adaptação do germoplasma;
- competência em Pesquisa & Desenvolvimento (P&D);
- disponibilidade e intensidade de uso de capital;
- competência em processos de gestão/mercadológicos.

Apesar da importância dos quatro fatores, um deles destaca-se, ou seja, a disponibilidade e a amplitude de adaptação do germoplasma, plataforma básica sobre a qual se desenvolvem novos produtos para a indústria de sementes.

A grande diferença em relação a outras indústrias está no fato de que este germoplasma exige adequação e adaptação edafoclimática às especificidades locais, sendo, portanto, fundamental que se realize um esforço considerável de desenvolvimento local de pesquisa genética, seja no campo tradicional, seja no manejo de técnicas associadas à biotecnologia. Assim, o acesso a germoplasma adaptado localmente constitui forte barreira de entrada a concorrentes nessa indústria.

Esse fator constitui a base sobre a qual se desenvolvem novas cultivares com usos, atributos e características diferenciadas, de alto potencial produtivo e ampla adaptação aos diversos ambientes e mercados.

Portanto, é sobre as potencialidades e limitações da exploração comercial desse germoplasma e suas inúmeras combinações que se aplicam em diferentes intensidades os demais fatores para a obtenção de cultivares adequadas às necessidades e expectativas dos diversos segmentos de mercado e das empresas que neles atuam. Assim, a coleta, manutenção, enriquecimento, caracterização, conservação e uso desses bancos de germoplasma são estratégicas para que se garanta, ao longo do tempo, o acesso às fontes de diversidade dos novos produtos e a disponibilização das cultivares

a serem produzidas e comercializadas no País.

Outro fator de primordial importância é a competência em P&D necessária para, a partir de um banco de material genético, aplicar os diversos métodos de melhoria e as ferramentas biotecnológicas existentes e gerar novas e melhores cultivares.

No setor público, essa competência vem sendo desenvolvida e adquirida ao longo dos últimos 40 anos com a capacitação, qualificação e especialização de um número substancial de profissionais (mestres, doutores e pós-doutores), nas mais diversas áreas da Ciência. O talento inovador foi construído pelo esforço de pesquisa no agronegócio, que criou no País um sistema de pesquisa decisivo para a competitividade da agricultura brasileira no mercado mundial.

Em função da crescente sofisticação desse processo, seja devido à complexidade da base de conhecimentos necessária para desenvolver e introduzir inovações, do caráter transdisciplinar desses conhecimentos, seja ainda dos mecanismos associados à retroalimentação das diversas etapas do processo de P&D, observa-se uma tendência cada vez mais acentuada de expressivos investimentos em P&D, necessários à obtenção de inovações.

Dados esses dois fatores, a disponibilidade e a intensidade de uso de capital configuram-se como outro fator de suma importância. Assim, as atividades de pesquisa e a obtenção de resultados delas advindos têm exigido a aplicação cada vez maior de recursos financeiros, de investimento e de infra-estrutura com prazo de maturação longo e grau de risco considerável.

O investimento em câmaras frias, laboratórios, armazéns, máquinas e equipamentos, redes de informática e comunicação, dentre outros, é necessário para que as organizações tenham a capacidade e a agilidade necessárias para acompanhar e, em muitos casos, liderar esses avanços científicos, reduzindo sua dependência tecnológica em relação às nações mais desenvolvidas.

Não menos relevante tem sido o volume de capital necessário para o desenvolvimento das atividades de multiplicação, distribuição, promoção e financiamento dessas sementes aos agricultores pelos produtores de sementes. A pouca disponibilidade de capital a custos e prazos compatíveis com as necessidades dos produtores para o desenvolvimento da atividade, reduz em muito a capacidade competitiva das pequenas e médias empresas. Isso, dada suas características de sazonalidade da produção, exige um elevado volume de capital de giro para bancar a produção durante oito a dez meses e poder comercializá-la na safra seguinte.

Por outro lado, a produção de sementes exige também recursos financeiros de investimento com amortização a médio e a longo prazos, para a aquisição e modernização de máquinas e equipamentos para a produção, secagem, beneficiamento, armazenamento, conservação e controle de qualidade das sementes produzidas.

Entretanto, mesmo com um banco de germoplasma adequado, com a competência em P&D e com a disponibilidade de capital, as empresas dessa indústria ainda assim podem fracassar, se não levarem em consideração o quarto fator, ou seja, a competência em processos de gestão/mercado.

Como consequência do aumento da competitividade do agronegócio brasileiro e da competição dentro da indústria de sementes, os produtores rurais tornaram-se cada vez mais seletivos na compra de seus insumos e passaram a exigir dos produtores de sementes produtos de qualidade, preços compatíveis e algum tipo de serviço ou valor agregado às sementes disponibilizadas.

Como resultado desse conjunto de exigências, conceitos como segmentação/fragmentação de mercado, comportamento do consumidor, fidelização, serviços agregados, parcerias, *commodities* de produtos passam gradualmente a fazer parte do vocabulário das empresas de sementes. Também cresce a necessidade de renovação constante do portfólio de produtos

das empresas de sementes, objetivando adequá-lo às exigências e à dinâmica concorrencial do mercado.

Essas empresas são originárias, em sua maioria, de produtores rurais que aos poucos foram se profissionalizando até o ponto de fundar sua própria empresa. Os proprietários dessas pequenas e médias empresas de sementes e suas equipes carecem de ampliar sua qualificação e atualização profissional não só na área técnica, mas, principalmente, na área de gestão do negócio para fazer frente à complexidade e à competitividade da atividade.

A necessidade de diferenciar e fidelizar clientes também é estratégica, para garantir a sobrevivência da empresa num mercado cada vez mais competitivo. Às empresas de sementes não cabe alternativa que não a de capacitar suas equipes nas áreas de gestão e *marketing*, visando sua profissionalização.

PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS

Diante das mudanças ocorridas e em face da implementação, em 1997, da Lei de Proteção de Cultivares, as instituições públicas e as empresas de sementes buscaram o desenvolvimento de arranjos institucionais para continuar disponibilizando o resultado de seus programas de melhoria genética dentro do novo marco regulador.

Apesar da forte capacidade de gerar cultivares e variedades superiores, as instituições de pesquisas públicas ressentem-se da redução dos recursos orçamentários, financeiros e de infra-estrutura necessários para acompanhar o desenvolvimento do agronegócio e suas demandas.

Por outro lado, vislumbrou-se a possibilidade de estabelecer novos arranjos e parcerias entre os setores público e privado, que pudessem ampliar a capacidade de desenvolvimento, teste e disponibilização de novas variedades, além de garantir uma fonte adicional de recursos para investimento na área de P&D, através da cobrança de *royalties* dos produtores de sementes, sobre as variedades protegidas.

Conseqüentemente, iniciou-se um processo amplo de estabelecimento de parcerias entre os setores público e privado. De um lado, o setor público representado pelas instituições públicas estaduais ou nacionais, que desenvolvem programas de melhoramento genético vegetal, e de outro, o setor privado representado tanto pelas pequenas e médias empresas privadas de sementes, como pelas grandes. O primeiro não desenvolve programas de pesquisa que dependam dos programas públicos de melhoramento genético vegetal para sua permanência no mercado. Já o segundo, interessa a disseminação ampla de características biotecnológicas incorporadas ao maior número de cultivares possível.

A implementação desses novos arranjos permitiu às instituições públicas e às pequenas e médias empresas manterem seu trabalho de desenvolvimento e teste de novos produtos, assim como ampliou o processo de oferta de variedades de alta qualidade e a capilaridade de distribuição desses produtos em todo o território nacional.

Adicionalmente, viabilizou-se a ampliação da rede de testes à maioria dos ecossistemas, onde são produzidas essas espécies vegetais, permitindo o desenvolvimento de produtos para todos os segmentos de produtores rurais.

De forma geral esse processo provocou algumas mudanças nessa indústria, pois permitiu:

- a) ampliar a formalização contratual entre os atores;
- b) melhorar a organização do setor;
- c) controlar mais rigorosamente a produção e a oferta das sementes;
- d) ampliar a oferta de variedades regionalizadas e de elevada qualidade;
- e) ampliar os canais de distribuição e pontos de venda dessas sementes.

Para as instituições públicas, essa formalização contratual contribuiu para a ampliação do número de locais, para a capacidade de realização de testes intermediários e finais de novos materiais e, conse-

qüentemente, para a oferta de produtos diferenciados. O licenciamento dos novos produtos mostrou um expressivo crescimento no número de contratos, no volume de sementes produzidas por meio destes contratos e nos recursos obtidos com o pagamento de *royalties*.

Um fato que vale ressaltar é que, apesar da cobrança de *royalties* pelas instituições geradoras das novas variedades, não houve uma elevação atípica nos preços das sementes ofertadas ao produtor rural, quando comparados aos preços dos demais insumos agrícolas no mesmo período.

Todo esse esforço não seria possível, caso essa indústria não estivesse estruturada e não houvesse pequenas e médias empresas de sementes envolvidas e comprometidas com o processo de multiplicação e distribuição das novas cultivares a todos os cantos do País.

Do ponto de vista das empresas, esses novos arranjos institucionais público-privados permitiram, ao aportarem recursos para o desenvolvimento e teste das novas cultivares, que houvesse uma contrapartida das instituições públicas para assegurarem às empresas o suprimento de novas cultivares oriundas desses contratos.

A possibilidade de explorar comercialmente os novos produtos com determinado grau de exclusividade trouxe a essas pequenas e médias empresas uma nova alternativa para obtenção de produtos e a garantia de sua permanência no mercado. Isto refletiu-se na estabilização do número de pequenas e médias empresas atuantes no Brasil, a partir de 2001.

No tocante às parcerias com as grandes empresas de sementes, o grande interesse concentrou-se no desenvolvimento de pesquisas avançadas na área de Biotecnologia, Engenharia Genética e, principalmente, no licenciamento de genes a empresas públicas, para virem a ser incorporados ao germoplasma sob seus domínios.

PERSPECTIVAS DA INDÚSTRIA

A existência do novo arcabouço legal, que envolve as leis de Propriedade Inte-

lectual, de Proteção de Cultivares, de Defesa do Consumidor, de Biossegurança e a nova Lei de Sementes e Mudanças, bem como a liberação dos transgênicos, provocaram realinhamento na indústria de sementes.

A mudança do perfil dos agricultores, do panorama competitivo do mercado de sementes e as crescentes exigências de capital, conhecimentos e tecnologia podem ampliar a marginalização das pequenas e médias empresas nacionais de sementes estabelecidas no Brasil.

A implementação, ainda que gradual, dos acordos resultantes do Mercosul, que tendem a liberar e/ou reduzir barreiras para o livre trânsito e comércio de sementes entre os países membros, deverá ampliar a competição em determinadas regiões/produtos e criar oportunidades em outros.

Adicionalmente, a aplicação da biotecnologia terá influência no domínio das grandes empresas multinacionais no setor vegetal e de insumos químicos. Num primeiro momento, os produtos derivados da aplicação de métodos biotecnológicos visam atender aos interesses dessas empresas em aumentar as interações entre sementes e insumos agrícolas e correspondem em esforço às possibilidades de expansão do mercado de defensivos agrícolas.

A tendência é que nesse cenário cresça a descapitalização das empresas de sementes que a despeito desse fato possuem potencial, infra-estrutura física e recursos humanos em quantidade suficiente para responder eficientemente a uma política agressiva para o setor e suprir, com grande capilaridade, o mercado com sementes de elevada qualidade.

Os esforços de P&D privados estarão concentrados no desenvolvimento de produtos de ampla adaptação geográfica e de elevada margem de lucratividade e economias de escala que garantam o retorno desses investimentos, em detrimento daqueles produtos com forte conotação social e/ou adaptação específica.

Já se observa um decréscimo no interesse e no grau de organização da produção de sementes de produtos de elevada

importância social, o que desestimula os investimentos no segmento e limita a transferência das novas cultivares geradas pela pesquisa.

Assim, a concentração de mercado nessa indústria, a perda de competitividade das pequenas e médias empresas nacionais, a redução do desenvolvimento, da oferta e da capilaridade de distribuição de produtos adaptados à diversidade de ambientes encontrados no País deverão ampliar-se.

Dessa forma, poderá haver uma concentração da produção agrícola nacional em poucas cultivares geradas por um número restrito de empresas multinacionais com:

- a) conseqüente dependência da agricultura nacional;
- b) elevação do risco de eventual desabastecimento do mercado;
- c) restrição à liberdade de escolha pelo consumidor de produtos adaptados a segmentos tecnológicos diferenciados por constituírem mercados pequenos e, portanto, considerados economicamente pouco atrativos.

DESAFIOS

O apoio à indústria de sementes é estratégico e fundamental para a superação dos desafios e atendimento às necessidades e demandas dos produtores de sementes, a fim de preservar essa atividade no Brasil e ampliar a competitividade das empresas dessa indústria e, conseqüentemente, do agronegócio brasileiro.

Deve-se buscar, com o apoio governamental e privado, a realização de ações que viabilizem:

- a) um modelo equilibrado de atuação dos atores, para evitar uma excessiva concentração no mercado de sementes;
- b) manutenção do fluxo de cultivares que atendam as demandas de mercado, não só dos produtos economicamente mais importantes, mas também daqueles socialmente significativos;

- c) aumento da competitividade das empresas dessa indústria;
- d) estímulos para o surgimento de novas empresas nacionais de melhoria genética vegetal;
- e) oferta de produtos que garantam liberdade ampla de escolha aos consumidores desse insumo e do resultado de sua multiplicação;
- f) disponibilizar alternativas tecnológicas inerentes à atividade dessa indústria.

Diante da segmentação de mercado que pode resultar da larga aplicação de inovações biotecnológicas na área agrícola, os riscos para o Brasil ficam restritos aos baixos preços e ao pouco valor agregado do segmento de produtos padronizados e de menor elaboração. Assim, mesmo fortalecido nos setores que já dispõem de vantagens competitivas, o País deve também buscar, de forma combinada, a segmentação e a sofisticação dos mercados.

A chave para o Brasil é a capacidade de produzir de forma competitiva todos os tipos de itens que o mercado demanda. Portanto, são decisivos investimentos em pesquisa, em gestão da inovação, em *marketing*, em sistemas de organização e no desenvolvimento de parcerias que permitam a produção simultânea de culturas para todos os segmentos de mercado, com garantias de qualidade e identidade de origem. Só com essa orientação será possível combinar competitividade em produtos padronizados com acesso a mercados de maior valor agregado.

Portanto, trata-se de desenvolver programas e projetos que promovam ou apoiem o equilíbrio sustentável entre os atores dessa indústria com redução do risco de uma concentração excessiva de mercado e eventual ampliação do oligopólio na exploração comercial de sementes das espécies economicamente mais rentáveis.

É necessário estimular a criação de redes que articulem instituições públicas e empresas em uma multiplicidade de arranjos e produtos que escapam aos interesses

das grandes corporações, mas tem impacto significativo na competitividade da agricultura e nos indicadores sociais. É fundamental reconhecer que a forma mercantil de gerar avanços nessa área é inadequada, devendo existir esforços que combinem recursos de produtores, instituições públicas, instituições de fomento e pequenas e médias empresas de base local.

A captação de recursos financeiros para P&D em parceria com o setor privado é um outro aspecto da maior importância. Instrumentos formais para a P&D entre empresas e entre estas e as instituições públicas de pesquisa são imprescindíveis para o crescimento das competências institucionais requeridas para a gestão de projetos e desenvolvimento de inovações, o que inclui, sem dúvida, a avaliação *ex ante* e *ex post* do valor da pesquisa e de seu impacto para outros setores da sociedade. Entretanto, na maioria das vezes este tipo de recurso só é alavancado por meio de políticas de indução em nível macro-econômico, para as quais muito ainda está para ser desenvolvido e muito esforço deve ser despendido.

Para isso, deve-se aportar um volume de recursos financeiros e de investimento na pesquisa agropecuária nacional bem superiores aos atuais e que garantiriam um fluxo intensificado de novas e mais produtivas cultivares, sendo distribuídas, negociadas e utilizadas pelos agricultores em nível nacional atendendo às demandas de mercado, atuais e futuras, de forma ampla.

Faz-se necessário também ampliar a competitividade, das pequenas e médias empresas de sementes, através do aporte de ativos/recursos tecnológicos, gerenciais, organizacionais e financeiros. Assim, poderíamos ter produtores de sementes capacitados e capitalizados para realizarem, de forma contínua e competitiva, a difusão de inovações tecnológicas e contribuir para o aumento da produção de alimentos.

Conseqüentemente, seria possível vislumbrar que o tempo médio de geração e/ou adaptação, disponibilização e transferência de novas cultivares, tecnologias e conheci-

mentos seriam consideravelmente reduzidos e a oferta de produtos que garantam aos consumidores desse insumo liberdade na escolha de sementes adaptadas a sua realidade econômica, social, edafoclimática e de uso e a abertura e ocupação de novos segmentos de mercado seria ampliado.

O poder público desempenha papel ainda relevante e central, mesmo com o avanço do setor privado na área de sementes, onde as instituições públicas de pesquisa, ao manterem-se “um passo à frente” em relação ao processo de melhoramento das empresas privadas (inclusive às líderes mundiais), tornam a dependência tecnológica cada vez mais remota.

No entanto, persistem diferenças regionais que devem ser objeto de estratégias e ações diferenciadas, assim como demandas por produtos que atendam aos diversos segmentos encontrados nas regiões.

A percepção do governo brasileiro para o quadro atual, pelo qual passa a indústria de sementes, é fundamental para a sua sustentabilidade a longo prazo. De forma muito distinta das ações voluntárias adotadas nos anos 80 e início dos 90, a retomada de mecanismos de indução e de fomento à indústria de sementes no Brasil deve estar fundamentada na articulação entre atores diferenciados e no apoio a diferentes arranjos e formas organizacionais, em parte com instrumentos de mercado e com a disponibilização de recursos de capital.

Ao governo, não cabe o papel de inventor/competidor, mas sim o de indutor/regulador, para que haja um maior equilíbrio entre os atores dessa indústria e para que sejam garantidos em volume e qualidade as necessidades de sementes, para os diversos segmentos de produtores rurais presentes no País.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ALBERT, P.; MOUGENOT, P. La creación de empresas de alta tecnología. In: ESCORSA, P. (Coord.). **La gestión de la empresa de alta tecnología**. Barcelona: Ariel, 1990.
- ALMEIDA, F.A. de. **O melhoramento vegetal e a produção de sementes na Embrapa**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1997. 358p.
- ALMEKINDERS, C.J.M.; LOUWAARS, N.P.; BRUJIN, G.H. Local seed systems and their importance for an improved seed supply in developing countries. **Euphytica**, v.78, n.3, p.207-216, Jan. 1994.
- AQUINO, P. Mexico. In: MORRIS, M.L. (Ed.). **Maize seed industries in developing countries**. Boulder, Colorado: Lynne Rienner/Mexico: CIMMYT, 1998.
- BRENNER, C. **Intellectual property rights and technology transfer in developing country agriculture: rhetoric and reality**. Paris: OECD Development Centre, 1998. (OECD. Technical Papers, 133).
- CASTRO, A.C. **Crescimento da firma e diversificação produtiva: o caso Agroceres**. 1988. Tese (Doutorado) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- CASTRO, A.M.G. de; LIMA, S.M.V.; LOPES, M.A.; MACHADO, M.; MARTINS, M.A.G. **Biotecnologia, propriedade intelectual e mudanças na produção de cultivares e sementes**. Brasília: EMBRAPA-SPD. No prelo.
- _____; LOPES, M.A.; LIMA, S.M.V.; BRESCIANI, J.C.; ROSINHA, R.O. **Cenários do setor de sementes e estratégia tecnológica**. Brasília: EMBRAPA-SPD. No prelo.
- DOSI, G.; TEECE, D.; CHYTRY, J. (Ed.). **Technology, organization and competitiveness**. New York: Oxford University, 1998.
- DUCOS, C.; JOLY, P.B. **Structures et stratégies de l'industrie de semences face à l'innovation biotechnologique: la France dans son environnement international**. Toulouse: Université de Paris 7, 1986.
- FARINA, E.M.M.Q.; ZYLBERSZTAJN, D. **Competitividade do agribusiness brasileiro**. São Paulo: IPEA/PENSA/FIA/USP, 1998.
- FERNANDEZ-CORNEJO, J. **The seed industry in U.S. agriculture: an exploration of data and information on crop seed markets, regulation, industry structure, and research and development**. Washington: USDA, 2004. (USDA. Agriculture Information Bulletin, 786).
- FURTADO, A. **Capacitação tecnológica, competitividade e política industrial: uma abordagem setorial e por empresas líderes**. São Paulo: IPEA, 1994. 133p. (IPEA. Texto para Discussão, 348).
- GARCIA, J.C. Brazil. In: MORRIS, M.L. (Ed.). **Maize seed industries in developing countries**. Boulder, Colorado: Lynne Rienner/Mexico: CIMMYT, 1998.
- JOLY, P.B. Trajectoire technologique et stratégie des agents dans l'industrie des semences. In: INRA. **Innovation dans les semences: recherche et industrie**. Paris: Actes et Communications, 1989.
- LÓPEZ-PEREIRA, M.A.; GARCIA, J.C. **The maize seed industries of Brazil and Mexico: past performance, current issues and future prospects**. México: CIMMYT, 1997. 68p.
- MACHADO FILHO, C.A.P. **EMBRAPA: franquia em genética vegetal**. São Paulo: PENSA/FEA/USP, 1995.
- MORRIS, M.L. Thailand. In: MORRIS, M.L. (Ed.). **Maize seed industries in developing countries**. Boulder, Colorado: Lynne Rienner/Mexico: CIMMYT, 1998.
- _____; SMALE, M. **Organization and performance of national maize seed industries: a new institutionalist perspective**. Mexico: CIMMYT, 1997. 27p. (CIMMYT. Economics Working Paper, 97-05).
- PAL, S.; SINGH, R.P.; MORRIS, M.L. India. In: MORRIS, M.L. (Ed.). **Maize seed industries in developing countries**. Boulder, Colorado: Lynne Rienner/ Mexico: CIMMYT, 1998.
- PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change: towards taxonomy and a theory. **Research Policy**, v.13, n.6, p.343-373, Dec. 1984.
- PORTER, M.E. Como as forças competitivas moldam a estratégia. In: MONTGOMERY, C.; PORTER, M.E. **Estratégia: a busca da vantagem competitiva**. Rio de Janeiro: Campus, 1998.
- PRAY, C.E. Turkey. In: MORRIS, M.L. (Ed.). **Maize seed industries in developing countries**.

Boulder, Colorado: Lynne Rienner/Mexico: CIMMYT, 1998.

PRAY, C.E.; ROZELLE S.; JIKUN, H. China. In: MORRIS, M.L. (Ed.). **Maize seed industries in developing countries**. Boulder, Colorado: Lynne/Mexico: CIMMYT, 1998.

ROGERS, E.M. **Diffusion of innovations**. New York: Free Press, 1995. 367p.

ROSINHA, R.O. **Estratégias competitivas e reestruturação da indústria de sementes no Brasil: a análise do segmento de milho**. 2000. 143p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

ROUSSEL, P.A.; SAAD, K.N.; BOHLIN, N. **Pesquisa & Desenvolvimento**. São Paulo: Makron Books, 1991.

RUSIKE, J.; SMALE, M. Malawi. In: MORRIS, M.L. (Ed.). **Maize seed industries in developing countries**. Boulder, Colorado: Lynne Rienner/Mexico: CIMMYT, 1998.

SEHGAL, S. IPR driven restructuring of the seed industry. **Biotechnology and Development Monitor**, n.29, p.18-21, Dec. 1996.

SILVEIRA, J.M.F.J. (Coord.). **Inovações biotecnológicas e a indústria de sementes**. Campinas: UNICAMP, 1990.

_____. **Progresso técnico e oligopólio na indústria de sementes no Brasil**. 1985. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

_____; SALLES FILHO, S.L.M. Desenvolvimento da biotecnologia no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v.26, n.3, p.317-341, jul./set. 1988.

STEWART, D.W. Managing market structure: achieving competitive advantage and market dominance. **Journal of Managerial Issues**, Pittsburgh, KS, v.8, n.1, p.13-34, 1996.

TEECE, D.J. Innovación tecnológica y éxito empresarial. In: ESCORSA, P. (Coord.). **La gestión de la empresa de alta tecnologia**. Barcelona: Ariel, 1990.

THAYER, A. M. Transforming agriculture. **CENEAR**, v.77, n.16, p.21-35, Apr. 1999.

Sementes com tecnologia EPAMIG

Feijão Arroz Café

- Sementes certificadas
- Sanidade garantida



EPAMIG

Informações e aquisição:

EPAMIG - Centro Tecnológico da Zona da Mata

Vila Gianetti, 467 - Campus da UFV

CEP 36571-000 - Viçosa - MG

Tel.(31) 3891 2646 // e-mail: epamig@ufv.br

Aspectos legais da produção e da comercialização de sementes

Silvana Rizza Ferraz e Campos¹

Waldênia de Melo Moura²

Josele Pertel³

Paulo César de Lima⁴

Resumo - A legislação sobre Normas para Produção, Comercialização e Utilização de Sementes do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento deu início a uma nova fase da legislação de sementes no Brasil. Foi instituído o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças, que compreende as atividades de Registro Nacional de Sementes e Mudanças; Registro Nacional de Cultivares; produção, certificação, análise e comercialização de sementes e mudanças; fiscalização da produção, do beneficiamento, da amostragem, da análise, da certificação, da reembalagem, do armazenamento, do transporte e da comercialização de sementes e mudanças, e sua utilização.

Palavras-chave: Semente. Legislação. Certificação. Fiscalização. Comércio.

INTRODUÇÃO

A semente é considerada um dos insumos agrícolas mais importantes a atuar sobre os índices de produtividade de uma empresa agrícola. Constitui o primeiro fator de sucesso da produção, pois contém todas as potencialidades produtivas da planta (REIS et al., 2005). O melhoramento genético constitui uma ferramenta fundamental na criação de cultivares mais produtivas e com sementes de melhor qualidade. As sementes de diversas espécies foram ganhando mercado, sendo comercializadas tanto em nível nacional como internacional, representando para a economia uma fatia importante no agronegócio.

No Brasil, a organização da produção de sementes e mudanças iniciou-se em 1934, no estado de São Paulo. Em 1936, esse mesmo Estado estabeleceu as normas sobre

produção e comércio de mudanças e iniciou a fiscalização do comércio de sementes, sempre procurando garantir sementes de boa qualidade.

Em 1963, foram criadas as comissões estaduais para orientar os programas de sementes de trigo, estabelecidas inicialmente nos estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina, denominadas Comissão Estadual de Sementes de Trigo (Cest). Nesse mesmo ano, o Ministério da Agricultura, assessorado pela Universidade do Estado do Mississippi, EUA, iniciou estudos para desenvolver uma legislação uniforme para todo o País.

Em 1965 foi promulgada a Lei nº 4.727, de 13 de julho de 1965, dispondo sobre a fiscalização do comércio de sementes e mudanças. Posteriormente, com a edição da Portaria nº 524, de 3 de outubro de 1967, o

Ministério da Agricultura estabeleceu as primeiras normas gerais de uma política nacional para a produção de sementes, dando as primeiras diretrizes para a orientação do papel da indústria privada de sementes e para a competência dos órgãos governamentais, iniciando as discussões para elaboração do Plano Nacional de Sementes (Planasem) (BRASIL, 1983).

A Portaria nº 146, de 3 de maio de 1968, do Ministério da Agricultura, determinou a obrigatoriedade de registro de pessoas e entidades que se dedicassem à produção de sementes e mudanças no País. Posteriormente, com a edição da Portaria nº 167, de 23 de maio de 1968, na tentativa de implantar um sistema organizado de produção de sementes, atribuiu-se às Secretarias de Agricultura do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Minas Gerais, a condi-

¹Eng^a Agr^a, Fiscal Federal MAPA, CEP 36571-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: silvanarizza@vicosa.ufv.br

²Eng^a Agr^a, D.Sc., Pesq. EPAMIG-CTZM, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: waldenia@epamig.ufv.br

³Eng^a Agr^a, D.Sc., Bolsista EPAMIG-CTZM, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: jpertel@bol.com.br

⁴Eng^a Agr^a, D.Sc., Pesq. EPAMIG-CTZM, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: plima@epamig.ufv.br

ção de Entidades Certificadoras (VASCONCELOS NETO; FRANCELINO, 1989).

Com todas essas providências legais e com a efetiva participação das Comissões Estaduais de Sementes e Mudas (Cesms), ocorreram avanços significativos na produção organizada de sementes e mudas, destacando-se a criação do Subprograma de Apoio Governamental à Implantação do Plano Nacional de Sementes (Agiplan), nas Regiões Sul e Sudeste, para dar suporte técnico-administrativo e financeiro para a execução do Planasem (BRASIL, 1983).

Com a organização da produção de sementes, houve necessidade de disciplinar mais profundamente essa atividade. Assim, foi promulgada em 19 de dezembro de 1977, a Lei nº 6.507, que dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de sementes e mudas em todo o território nacional, tendo sido regulamentada pelo Decreto nº 81.771, de 7 de junho de 1978, que instituiu os Sistemas de Produção de Sementes e Mudas Certificadas e Fiscalizadas (BRASIL, 2004b).

O novo cenário econômico, as mudanças tecnológicas ocorridas nas últimas duas décadas e a adoção da Lei de Proteção de Cultivares (Lei nº 9.456, de 25 de abril de 1997 e Decreto nº 2.366, de 5 de novembro de 1997), dentre outros fatores, determinaram a necessidade de discussão do modelo existente e da elaboração de propostas de mudanças. Nesse sentido, a Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas, o Decreto nº 5.153, de 23 de julho de 2004, que a regulamentou, e as Normas para Produção, Comercialização e Utilização de Sementes aprovadas pela Instrução Normativa nº 9, de 2 de junho de 2005, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), deram início a uma nova fase da legislação de sementes no Brasil (BRASIL, 2004b).

SISTEMA NACIONAL DE SEMENTES E MUDAS

O Sistema Nacional de Sementes e Mudas (SNSM), instituído pela Lei nº 10.711,

de 5 de agosto de 2003, e seu regulamento visam garantir a identidade e a qualidade do material de multiplicação e de reprodução vegetal produzido, comercializado e utilizado em todo território nacional. É composto das seguintes atividades: Registro Nacional de Sementes e Mudas (Renasem); Registro Nacional de Cultivares (RNC); produção, certificação, análise e comercialização de sementes e mudas; fiscalização da

produção, do beneficiamento, da amostragem, da análise, da certificação, da reembalagem, do armazenamento, do transporte e da comercialização de sementes e mudas e sua utilização (BRASIL, 2004b). Os valores dos serviços prestados, relacionados com essas atividades, são estabelecidos pelo MAPA e fixados por meio de Instrução Normativa, publicada no Diário Oficial da União (Quadro 1).

QUADRO 1 - Valores das taxas relacionados com a produção de sementes

Fator gerador	Unidade de cobrança	Taxa (R\$)
Produtor/Armazenador/Beneficiador/Reembalador		
Inscrição no Renasem	Inscrição	100,00
Renovação de inscrição	Renovação	100,00
Alteração de inscrição	Alteração	25,00
Certificador/ Laboratório de sementes e mudas		
Credenciamento no Renasem	Credenciamento	200,00
Renovação de credenciamento	Renovação	200,00
Alteração de credenciamento	Alteração	50,00
Responsável técnico/Amostrador/Coletor de sementes		
Credenciamento no Renasem	Credenciamento	50,00
Renovação de credenciamento	Renovação	50,00
Comerciante		
Inscrição no Renasem	Inscrição	100,00
Renovação de inscrição	Renovação	100,00
Alteração de inscrição	Alteração	25,00
Cultivar		
Inscrição no RNC	Inscrição	150,00
Alteração de inscrição	Alteração	50,00
Alteração de área de indicação de uso da cultivar	Alteração	70,00
Segunda via de documentos		
Emissão	Documento	15,00
Produção de sementes		
Inscrição de campos de produção de sementes	Hectare ou fração/ciclo de produção	2,00
Certificação de semente	Tonelada ou fração	5,00

FONTE: Brasil (2004a).

NOTA: Renasem - Registro Nacional de Sementes e Mudas; RNC - Registro Nacional de Cultivares.

RENASEM

O exercício das atividades relacionadas com a produção, beneficiamento, reembalagem, armazenamento, análise, comércio, importação ou exportação de sementes e mudas, fica condicionado à inscrição no Renasem das pessoas físicas ou jurídicas que as exerçam. Entretanto, ficam dispensados dessa inscrição (BRASIL, 2004b):

- a) pessoa física ou jurídica que importar semente ou muda para uso próprio, tanto em sua propriedade, quanto em propriedades de terceiros, cuja posse detenha;
- b) agricultores familiares, assentados de reforma agrária e indígenas, que multipliquem sementes ou mudas para distribuição, troca ou comercialização entre si;
- c) organizações constituídas exclusivamente por agricultores familiares, assentados de reforma agrária e indígenas que multipliquem sementes ou mudas de cultivar local, tradicional ou crioula para distribuição aos seus associados.

Outro aspecto a considerar diz respeito às atividades de responsabilidade técnica, certificação, inclusive da produção própria, análise e amostragem de sementes e mudas. Para exercer tais atividades, é necessário o credenciamento no Renasem.

Tanto a inscrição, como o credenciamento no Renasem deverão ser solicitados ao MAPA, mediante a apresentação de formulários próprios, acompanhados da documentação neles relacionadas, e comprovante de pagamento da taxa correspondente (Quadro 1). Também são necessários documentos específicos de acordo com a atividade a ser exercida, referentes à infraestrutura, capacidade operacional, qualificação do interessado e termo de compromisso firmado por responsável técnico.

O interessado (pessoa física ou jurídica) em exercer mais de uma atividade, pagará somente o valor referente à maior taxa de inscrição ou de credenciamento.

O período de validade, da inscrição e do credenciamento é de três anos, podendo ser renovado por igual período, mediante requerimento e pagamento de taxa. Caso não seja solicitada a renovação, num prazo de 60 dias da data do seu vencimento, a inscrição e o credenciamento serão automaticamente cancelados.

RNC

O RNC tem por finalidade habilitar previamente as cultivares para a produção, o beneficiamento e a comercialização de sementes e de mudas no País. Ao MAPA, compete elaborar, manter atualizado e divulgar semestralmente o Cadastro Nacional de Cultivares Registradas (CNCR) das espécies e cultivares inscritas no RNC e seus respectivos mantenedores. Também será responsável por disponibilizar os critérios mínimos, por espécie, para a realização dos ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU), bem como pela sua fiscalização e supervisão. Os resultados dos ensaios de VCU são de exclusiva responsabilidade do requerente da inscrição, podendo ser obtidos diretamente por qualquer pessoa física ou jurídica de direito público ou privado (BRASIL, 2004b).

Quanto à inscrição da cultivar no RNC, esta poderá ser requerida por pessoa física ou jurídica que (BRASIL, 2004b):

- a) obtenha nova cultivar ou cultivar essencialmente derivada;
- b) introduza uma nova cultivar no País;
- c) detenha o direito de proteção previsto na Lei nº 9.456, de 25 de abril de 1997; ou que seja legalmente autorizada pelo obtentor;
- d) mantenha disponível estoque mínimo de material de propagação da cultivar, no caso de cultivar de domínio público.

Cada cultivar terá somente uma inscrição no RNC, podendo ter mais de um mantenedor para uma mesma cultivar. Para tanto, o mantenedor deverá comprovar que possui condições técnicas para garantir a

manutenção da cultivar, mas se por qualquer motivo deixar de fornecer material básico ou de assegurar as características declaradas da cultivar inscrita terá seu nome excluído do CNCR.

A permanência da cultivar no RNC fica condicionada à existência de, pelo menos, um mantenedor, exceto as cultivares, cujo material de propagação dependa exclusivamente de importação.

A solicitação de inscrição de uma cultivar no RNC deverá ser feita em formulários elaborados pelo MAPA, acompanhados de comprovante de pagamento da taxa correspondente (Quadro 1), de relatório técnico com os resultados de ensaios de VCU, dos descritores mínimos da cultivar e da declaração da existência de estoque mínimo de material básico.

Ficam dispensadas da inscrição no RNC: a cultivar importada para fins de pesquisa ou realização de ensaios de VCU; cultivar importada com objetivo exclusivo de reexportação; cultivar local, tradicional ou crioula, utilizada por agricultores familiares, assentados da reforma agrária ou indígena. No entanto, essas últimas também podem ser inscritas no RNC, a critério do interessado, sujeitando-se às mesmas regras previstas para outras cultivares.

PRODUÇÃO E CERTIFICAÇÃO

Com base na legislação de sementes, Lei nº 10.711, de 2003, Decreto nº 5.153, de 2004 (BRASIL, 2004b) e Instrução Normativa nº 9, de 2005 (BRASIL, 2005), serão feitas as considerações a seguir.

Produção

O sistema de produção de sementes, organizado de acordo com as normas e padrões estabelecidos pelo MAPA, tem como objetivo disponibilizar material de multiplicação vegetal com garantia de identidade e qualidade.

O interessado em produzir sementes deverá inscrever-se no Renasem, sendo responsável, tanto pela produção quanto pelo controle de qualidade e identidade da semente, em todas as etapas do processo

de produção. Devem-se utilizar sementes de cultivares registradas no RNC e quando a cultivar for protegida, é necessária a autorização do seu detentor de direito.

Os campos destinados à produção de sementes deverão ser inscritos junto ao órgão de fiscalização (MAPA ou ente público com delegação de competência), na unidade da federação, onde o produtor estiver inscrito no Renasem, inclusive para campos instalados em outras unidades federativas. A solicitação da inscrição será feita por meio de formulários específicos e comprovante do pagamento da taxa (Quadro 1), devendo ficar atento aos prazos de inscrição. Como regra geral, a inscrição deverá ser solicitada até 15 dias após a semeadura do campo, para culturas anuais, enquanto que para as culturas perenes, deve ser feito anualmente, até 31 de dezembro do ano anterior ao da colheita.

Para a inscrição de campo de produção de semente certificada, o produtor deverá apresentar também, o contrato com o certificador, quando for o caso.

No processo de produção de semente genética e de progenitores de cultivares híbridas, não é necessária a inscrição dos campos, mas o seu mantenedor deverá apresentar ao MAPA dados e informações sobre a produção, local de produção, data de plantio, espécie, cultivar, área plantada e estimativa de produção.

A inscrição do campo de semente poderá ser cancelada nas seguintes condições:

- a) a pedido do produtor;
- b) quando houver impedimento ao acesso do campo para vistoria e fiscalização;
- c) quando não for possível localizá-lo;
- d) quando o produtor não renovar sua inscrição como produtor de sementes no Renasem.

O campo de produção de sementes deverá atender às normas e aos padrões para cada espécie, os quais serão estabelecidos pelo MAPA e publicados no Diário Oficial da União.

Todas as atividades desenvolvidas durante o processo de produção de sementes (a colheita, o transporte, o beneficiamento, a embalagem, o armazenamento) deverão ser supervisionadas e acompanhadas pelo responsável técnico, que deverá ser credenciado no Renasem e registrado no Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (Crea).

Os campos de sementes deverão ser vistoriados pelo responsável técnico, obrigatoriamente, no mínimo nas fases de florescimento e pré-colheita. Nessas ocasiões serão emitidos os respectivos laudos de vistorias, que deverão ficar arquivados pelo prazo de dois anos, à disposição do órgão de fiscalização. Cabe à vistoria realizada na fase de pré-colheita determinar se a produção do campo estará aprovada e apta a ser colhida como semente.

As sementes colhidas serão submetidas ao beneficiamento e divididas em lotes, que serão amostrados e submetidos à análise com o objetivo de verificar se atendem aos padrões de qualidade.

Amostragem e análise

A amostragem é o processo de obtenção de porção de sementes, que irá constituir a amostra representativa de um lote ou de parte deste, que por meio de análises permitirá saber se esse lote encontra-se de acordo com as normas e os padrões de identidade e qualidade estabelecidos pelo MAPA. A amostragem de sementes para fins de análises de identificação, de certificação e de fiscalização, deverá ser realizada, conforme os métodos, equipamentos e procedimentos oficializados pelo MAPA.

A amostragem para fins de fiscalização da produção e do comércio será constituída de amostra e duplicata. A coleta em duplicata da amostra poderá ser dispensada pelo detentor da semente, se assim julgar conveniente. Caso faça opção pela duplicata, esta ficará sob sua guarda.

A intensidade de amostragem deverá obedecer aos critérios descritos nos Quadros 2 e 3.

A análise de sementes deve ser feita seguindo os métodos e procedimentos

QUADRO 2 - Critérios quanto à intensidade mínima de amostragens em lotes de sementes acondicionados em recipientes com capacidade de até 100kg

Número de recipiente do lote	Número de amostra simples
1 - 4	3 amostras simples de cada recipiente
5 - 8	2 amostras simples de cada recipiente
9 - 15	1 amostra simples de cada recipiente
16 - 30	15 amostras simples no total
31 - 59	20 amostras simples no total
60 ou mais	30 amostras simples no total

FONTE: Brasil (2005).

QUADRO 3 - Critérios quanto à intensidade mínima de amostragens em lotes de sementes acondicionados em recipientes com capacidade de mais de 100 kg, ou no fluxo de sementes, imediatamente antes de seu acondicionamento

Tamanho do lote	Número de amostra simples
Até 500 kg	Pelo menos 5 amostras simples
501 - 3.000 kg	Uma amostra simples para cada 300 kg, mas não menos do que 5
3.001 - 20.000 kg	Uma amostra simples para cada 500 kg, mas não menos do que 10
Acima de 20.000 kg	Uma amostra simples para cada 700 kg, mas não menos do que 40

FONTE: Brasil (2005).

oficializados pelo MAPA. Tem por objetivo determinar a identidade e a qualidade de uma amostra de sementes. Estão aptos a realizarem análises de identificação e qualidade de semente, laboratórios de análises oficiais e aqueles devidamente credenciados pelo MAPA. Análises de amostras oriundas da fiscalização da produção e do comércio de sementes serão realizadas somente em laboratórios oficiais. Ressaltando que os laboratórios credenciados poderão emitir boletins de análises de sementes, para fins de identificação, inclusive para sementes certificadas.

No caso de o interessado não concordar com os resultados das análises da fiscalização, poderá solicitar a reanálise, no prazo de 10 dias, a partir da data do recebimento do boletim Oficial de Análise de Sementes, desde que haja amostra duplicata. A reanálise será permitida para os atributos de pureza, germinação e outras cultivares e será facultado ao interessado acompanhá-la com um técnico, por ele indicado. Os resultados obtidos prevalecerão para fins fiscais.

Certificação

A certificação é o processo que, obedecendo normas e padrões específicos, tem por objetivo produzir sementes, mediante o controle de qualidade em todas as suas etapas, incluindo o conhecimento da origem genética e o controle de gerações (BRASIL, 2004b).

O processo de certificação é composto das seguintes categorias:

- a) semente genética: material de reprodução obtido a partir de processo de melhoramento de plantas, sob a responsabilidade e controle direto do seu obtentor ou introdutor, mantidas suas características de identidade e pureza genéticas;
- b) semente básica: material obtido da reprodução de semente genética, realizada a fim de garantir sua identidade genética e sua pureza varietal;

- c) semente certificada de primeira geração (C1): material de reprodução vegetal resultante da reprodução de semente básica ou de semente genética;
- d) semente certificada de segunda geração (C2): material de reprodução vegetal resultante da reprodução de semente genética, de semente básica ou de semente certificada de primeira geração.

As categorias semente genética, básica e certificadas de primeira e segunda gerações poderão originar as duas categorias da classe não certificada (sementes S1 e S2). Nesse caso, a multiplicação das sementes poderá ser feita no máximo por duas gerações.

No processo de certificação é necessário o acompanhamento de um certificador, que poderá ser um prestador de serviço ou o próprio produtor, desde que credenciados no Renasem. Para o credenciamento, o interessado deverá apresentar, além do requerimento e documentos nele relacionados, a comprovação de que possui corpo técnico qualificado em tecnologia de produção de semente, compatível com as atividades a serem desenvolvidas e a disponibilidade de laboratório de análise de sementes credenciado, próprio ou de terceiros.

COMERCIALIZAÇÃO

As sementes produzidas e identificadas de acordo com o estabelecido na legislação estarão aptas à comercialização em todo o território nacional. A comercialização poderá ser realizada pelo próprio produtor, pelo reembalador ou por comerciantes, desde que inscritos no Renasem.

A identificação das sementes para a comercialização deverá ser expressa em português, de forma visível na embalagem. As informações referentes ao produtor ou reembalador (nome, CPF ou CNPJ, endereço e número da inscrição no Renasem) deverão estar impressas diretamente na embalagem. Os dados referentes ao lote de

semente (espécie, cultivar, categoria, número do lote, porcentagens de germinação e de pureza, peneira, safra, validade do teste de germinação ou de viabilidade, peso líquido ou número de sementes contido na embalagem e outras informações exigidas em normas específicas) poderão ser expressos na própria embalagem ou mediante rótulo, etiqueta ou carimbo. À identificação das sementes produzidas sob o processo de certificação deverão ser acrescentadas informações referentes ao certificador: nome, CNPJ e endereço (exceto quando o certificador for o próprio produtor) e o número do credenciamento no Renasem.

No caso de sementes revestidas, inclusive as tratadas, deverão ser informados na embalagem de forma visível, o tipo de revestimento, a identificação do corante, o nome comercial do produto e a dosagem. Quando utilizados agrotóxicos, deverão também ser informados os ingredientes ativos e as concentrações. Se as substâncias utilizadas no revestimento forem nocivas à saúde humana e animal, deverá ser acrescentada a expressão “semente imprópria para alimentação”, em destaque, e o símbolo de caveiras e túbias. Também deverão constar os procedimentos para prevenção de acidentes e tratamentos de emergência.

Durante a comercialização, o transporte ou o armazenamento, a semente deverá estar acondicionada em embalagem nova, original e inviolada, devidamente identificada, acompanhada da nota fiscal de venda e de um dos documentos enumerados a seguir, de acordo com a classe e a categoria das sementes:

- a) atestado de origem genética: documento que garante a identidade genética do material de propagação, emitido por melhorista, para sementes da categoria genética;
- b) certificado de semente: documento comprovante de que o lote de sementes foi produzido de acordo com as normas e padrões de certificação estabelecidos, emitido pelo certificador e assinado pelo responsável

técnico, para as sementes das categorias básica e certificadas de primeira e de segunda geração;

- c) termo de conformidade: documento emitido pelo responsável técnico com o objetivo de atestar que as sementes das categorias S1 e S2 foram produzidas de acordo com as normas e padrões estabelecidos.

Durante o processo de produção da semente, as exigências citadas não se aplicam, quando houver necessidade de transportá-la para diferentes locais, desde que esse fato seja especificado na nota fiscal (se envolver trânsito interestadual, é necessário também autorização do órgão de fiscalização) ou quando a semente estiver armazenada em estabelecimento do produtor.

O comércio internacional de sementes será realizado somente com a autorização prévia do MAPA, observada a legislação fitossanitária. A exportação de sementes, além de obedecer às normas estabelecidas pelo MAPA, deverá atender às exigências que regem o comércio internacional ou àquelas estabelecidas pelo país importador. Quando se tratar de cultivares protegidas, também será necessária a autorização do detentor do direito de propriedade.

A exportação e a importação de sementes só poderão ser realizadas por produtores ou comerciantes inscritos no Renasem, desde que as cultivares estejam inscritas no RNC. O interessado em importar semente para uso próprio está dispensado da inscrição no Renasem.

O pedido de importação de sementes deve ser solicitado ao MAPA, na unidade federativa, onde o requerente estiver estabelecido. Na importação das sementes, estas devem estar acompanhadas dos seguintes documentos:

- autorização para importação;
- fatura comercial;
- boletim de análise de sementes;
- descritores das cultivares, caso não esteja inscrita no RNC;
- certificado fitossanitário.

As sementes importadas deverão ser amostradas pelo MAPA para análise, visando à comprovação de que estão dentro dos padrões nacionais. Poderão ser dispensadas da coleta de amostra, as sementes destinadas à pesquisa, aos ensaios de VCU ou à reexportação, desde que sejam cumpridas as exigências fitossanitárias.

FISCALIZAÇÃO DA PRODUÇÃO E DO COMÉRCIO

O art. 37 da Lei nº 10.711, de 2003, estabelece que estão sujeitas à fiscalização, pelo MAPA, as pessoas físicas e jurídicas que produzam, beneficiem, analisem, embalem, reembalem, amostrem, certifiquem, armazenem, transportem, importem, exportem, utilizem ou comercializem sementes ou mudas. Entretanto, o MAPA poderá descentralizar a execução do serviço de fiscalização, conforme previsto no art. 38 (BRASIL, 2004b).

A fiscalização do comércio estadual é de competência dos Estados e do Distrito Federal, enquanto que a fiscalização do comércio interestadual e internacional é privativa do MAPA – art. 5ª e 6ª da referida Lei (BRASIL, 2004b).

As ações de fiscalização da produção serão exercidas em todas as etapas do processo de produção da semente, iniciado pela inscrição dos campos e concluído com a emissão da nota fiscal de venda pelo produtor ou pelo reembalador. A partir da emissão da nota fiscal de venda iniciam-se as ações da fiscalização do comércio.

A fiscalização, tanto da produção quanto do comércio, tem por objetivo garantir o cumprimento da legislação e será exercida por fiscal capacitado. O fiscal, no exercício de suas funções, terá livre acesso aos estabelecimentos, produtos e documentos previstos na legislação de sementes.

Durante as ações de fiscalização, poderão ser adotadas como medidas cautelares a suspensão da comercialização das sementes ou a interdição do estabelecimento.

O descumprimento da legislação sujeitará o infrator às penalidades de advertência; multa; apreensão ou condenação

das sementes; suspensão ou cassação da inscrição ou do credenciamento no Renasem, que poderão ser aplicadas de forma isolada ou cumulativa.

A pena de multa será de valor equivalente a até 250% do valor comercial do produto fiscalizado, quando incidir sobre a produção, beneficiamento ou comercialização, e graduada, de acordo com a gravidade da infração, na seguinte forma – art. 199, Decreto nº 5.153, de 2004 (BRASIL, 2004b):

- até 40% (quarenta por cento) do valor comercial do produto, quando se tratar de infração de natureza leve;
- de 41% (quarenta e um por cento) a 80% (oitenta por cento) do valor comercial do produto, quando se tratar de infração de natureza grave; ou
- de 81% (oitenta e um por cento) a 125% (cento e vinte e cinco por cento) do valor comercial do produto, quando se tratar de infração de natureza gravíssima.

Para a infração que não se enquadrar ao disposto no art. 199, a pena de multa será aplicada na forma seguinte – art. 200 do Decreto nº 5.153, de 2004 (BRASIL, 2004b):

- até R\$ 2.000,00 (dois mil reais), quando se tratar de infração de natureza leve;
- a partir de R\$ 2.000,00 (dois mil reais) até R\$ 6.000,00 (seis mil reais), quando se tratar de infração de natureza grave; e
- a partir de R\$ 6.000,00 (seis mil reais) até R\$ 18.000,00 (dezoito mil reais), quando se tratar de infração de natureza gravíssima.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a promulgação da nova lei de sementes e da lei de proteção de cultivares ocorreram várias mudanças nos aspectos relacionados com o processo de produção de sementes, dentre os quais destacam-se:

- a) a extinção do Sistema de Produção de Sementes Fiscalizadas;
- b) a instituição do Renasem e do RNC;
- c) a garantia do direito de propriedade do detentor da cultivar;
- d) a possibilidade de certificação pelo próprio produtor;
- e) o estabelecimento de normas e padrões válidos em todo território nacional;
- f) a criação de mecanismos para evitar o uso indevido de sementes;
- g) a fixação de multas mais severas para os infratores.

Outro fator importante diz respeito às sementes crioulas, muito utilizadas pelos agricultores familiares e indígenas, que

passam a ser reconhecidas pela legislação, instituindo o direito de troca dentro das comunidades, garantindo assim, a preservação de muitas espécies.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Manual de inspeção da produção de sementes e mudas**. Brasília, 1983. 211p.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 9, de 2 de junho de 2005. Aprova as Normas para Produção, Comercialização e Utilização de Sementes. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 10 jun. 2005. Seção 1, p.4.

_____. Instrução Normativa nº 36, de 28 de dezembro de 2004. Aprova a tabela anexa, que

fixa os valores dos serviços públicos de que trata a Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 29 dez. 2004a. Seção 1, p.1.

_____. **Legislação brasileira sobre sementes e mudas**: Lei n. 10.711, de 5 de agosto de 2003 e Decreto n. 5.153, de 23 de julho de 2004. Brasília, 2004b. 121p.

REIS, M.S.; CAMPOS, S.R.F.; BORÉM, A.; GIÚDICE, M.P. del. Produção e comercialização de sementes. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa, MG: UFV, 2005. p.897-930.

VASCONCELOS NETO, M.O. de; FRANCELINO, J.N. **Organização do sistema brasileiro de sementes e mudas**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 43p. (Fundação Cargill. Série Técnica, 1).

AVALIAÇÃO DE VARIEDADES MELHORADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

Produção de mudas e capacitação técnica para produtores

Avaliação e recomendação de variedades para produção de cachaça, utilização em usinas e alimentação animal.


EPAMIG
 Centro Tecnológico do Centro-Oeste
 Rod. MG-424 km 64 - Caixa Postal 295 - CEP 35701-970 - Prudente de Morais - MG
 Telefax: (31) 3773-1980 - e-mail:ctco@epamig.br

Inovações tecnológicas na produção de sementes

Édila Vilela de Resende Von Pinho¹
Kalinka Carla Padovani de Carvalho Salgado²

Resumo - O setor sementeiro no País tem passado por grandes mudanças, exigindo dos produtores incorporações de novas tecnologias para atender a um mercado cada vez mais exigente. Avanços na área de Biotecnologia têm possibilitado o desenvolvimento de cultivares com características de interesse do agricultor. Uma preocupação das empresas de sementes é com a manutenção da pureza genética das cultivares, evitando-se contaminações genética e varietal. Técnicas especiais têm sido adotadas no controle do fluxo gênico durante o cultivo de espécies modificadas geneticamente. A produção de sementes híbridas também requer procedimentos especiais que envolvem a emasculação manual, mecânica ou ainda a macho-esterilidade genética ou a macho-esterilidade genética citoplasmática. Cuidados também são requeridos durante a colheita, buscando-se alternativas para antecipá-la, sem prejudicar a qualidade das sementes. Na colheita de milho em espiga, as sementes apresentam altos teores de água, requerendo secagem diferenciada. Em outras espécies, herbicidas dessecantes têm sido utilizados, visando a antecipação da colheita e a escolha correta dos produtos, dosagens, época de aplicação e o conhecimento de suas interações são fatores a ser considerados. A colheita mecânica é um processo que envolve alto grau de impacto e as maiores perdas ocorrem no sistema de trilha, devido ao tipo de mecanismo trilhador. Com o intuito de reduzir tais perdas, tem sido proposto o mecanismo axial. Neste, pode-se trabalhar com menor velocidade do cilindro, o que leva a uma menor probabilidade de danos. Nesse sentido, inovações têm sido propostas, buscando-se a produção de sementes com alta qualidade.

Palavras-chave: Semente. Transgênico. Biotecnologia. Fluxo gênico. Semente híbrida. Colheita.

INTRODUÇÃO

A demanda por sementes com qualidade tem exigido das empresas produtoras padrões de qualidade mais rígidos aliados a sistemas produtivos mais rentáveis. A produção de sementes é uma atividade especializada, e cuidados devem ser despendidos em todas as etapas do seu processo produtivo. Dessa forma, empresas produtoras de sementes têm investido em programas de controle de qualidade interno, por meio dos quais procura-se monitorar cada etapa da produção.

No processo de produção de sementes, o desenvolvimento de novas cultivares, com características de interesse do agricultor, é de extrema importância. Dessa forma, novas tecnologias têm sido incorporadas nessas cultivares, seja por meio do melhoramento convencional, seja por meio da tecnologia do DNA, onde estão inseridos os transgênicos.

Principalmente após a aprovação da Lei nº 9.456 de proteção de cultivares no Brasil (BRASIL, 1997), em 1997, houve incremento no número de programas de melhora-

mento, assim como no número de cultivares lançadas no mercado, mais adaptadas para cada região agrícola, acompanhadas de um pacote tecnológico que resulta em aumento de produtividade e redução nos custos de produção. Desde a vigência dessa lei, foram lançadas mais de 300 cultivares entre as empresas públicas e privadas, incluindo espécies como soja, algodão, trigo, arroz e feijão, o que representa um aumento de mais de 200%.

Também, em agosto de 2003, entrou em vigor a nova lei de sementes nº 10.711

¹Eng^a Agr^a, D.Sc., Prof^a Adj. UFLA - Dep^o Agricultura, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: edila@ufla.br

²Eng^a Agr^a, D.Sc., Bolsista FAPEMIG/UFLA - Dep^o Agricultura, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: kaka@ufla.br

(BRASIL, 2003), que tem como objetivo garantir a identidade e a qualidade da semente produzida, comercializada e utilizada em todo o território nacional. Ainda em março de 2005 foi aprovada a Lei de Biossegurança nº 11.105 (BRASIL, 2005), por meio da qual foi legalizado o uso da soja RR, dando oportunidade para os produtores nacionais adquirirem sementes de soja modificadas geneticamente, de procedência garantida e de cultivares desenvolvidas especificamente para as condições agrícolas de diferentes regiões do Brasil.

Diante dessas mudanças no mercado, produtores de sementes têm buscado incorporações de novas tecnologias relacionadas com as diferentes etapas do processo produtivo, visando a produção de sementes com alta qualidade.

CULTIVO DE TRANSGÊNICO E SISTEMA CLEAR FIELD

Em 2004, a área global estimada das lavouras geneticamente modificadas (GM) autorizadas foi de 81 milhões de hectares. O Brasil e o Canadá ocupam o terceiro lugar em área plantada com, aproximadamente, 5 milhões de hectares. O Brasil teve a área de soja GM aumentada em dois terços, passando de 3 milhões de hectares em 2003, para uma estimativa de 5 milhões de hectares em 2004, com outro provável aumento significativo em 2005. No ano de 2004, a soja transgênica constituiu 60% da área total com lavouras transgênicas, seguida do milho com 23% e do algodão, com 11%.

No período de 1996-2004, a tolerância a herbicidas foi o atributo dominante, seguido pela resistência a insetos, sendo que em 2004, a tolerância a herbicida, expressa na soja, milho, canola e algodão ocupou 58,6 milhões de hectares (72%), seguida de 15,6 milhões de hectares (19%) de lavouras Bt.

Em 2004, dos 23 milhões de hectares estimados para cultivo com soja no Brasil, 22% ou 5 milhões de hectares foram provavelmente cultivados com soja GM. A partir desses dados pode-se estimar a demanda de 300 milhões de quilos por sementes de

soja GM, no País. Essa situação passa a requerer das empresas produtoras um controle de qualidade mais eficiente para a garantia de sementes com alta qualidade. O potencial para a soja GM no Brasil é superior a 30 milhões de hectares ou mais, já que o plantio tem crescido para atender à demanda global, particularmente da China.

Em grande parte da área cultivada com soja no mundo, utilizam-se cultivares modificadas geneticamente com tolerância a herbicidas. Essas cultivares possuem tolerância ao glifosato, o ingrediente ativo do herbicida Roundup, por meio da produção da proteína CP4 enolpiruvilxiquimato-3-fosfato-sintase (EPSPS). A enzima EPSPS está presente na via de ácido chiquímico para a biossíntese de aminoácidos aromáticos em plantas e microrganismos. A inibição dessas enzimas pelo glifosato leva a uma deficiência na produção de aminoácidos e à morte das plantas.

Em arroz, têm sido desenvolvidas cultivares geneticamente modificadas resistentes ao herbicida glufosinato de amônio, ingrediente ativo das marcas comerciais Basta, Finale e Liberty. A L-fosfinotricina (PPT) ou glufosinato é o princípio ativo que age como inibidor competitivo da enzima glutamina sintetase, promovendo acúmulo de amônio e a morte de células. O gene *bar* confere resistência aos herbicidas que apresentam princípio ativo PPT e codifica a enzima fosfinotricina-N-acetil transferase, promotora da acetilação do PPT, utilizando como co-fator acetil-coenzima a, fazendo com que o PPT perca a ação inibidora. Plantas de arroz geneticamente modificadas, carregando o gene *bar*; quando pulverizadas com PPT ou glufosinato de amônio, apresentaram resistência, mesmo em doses superiores às letais para plantas não-transformadas.

Outra tecnologia utilizada na produção de sementes de cultivares com tolerância a herbicidas é o sistema *Clear field*. Neste sistema, têm sido desenvolvidas cultivares tolerantes a herbicidas do grupo das imidazolinonas, levando em consideração o nível

de tolerância pelas culturas, bem como a eficiência contra as espécies de invasoras mais importantes. Essa combinação é conhecida como “Sistema de Produção *Clear field*®”. O sistema está sendo desenvolvido no momento, em diversos países, para as culturas do arroz, canola, girassol, milho e sorgo.

Nas células meristemáticas encontram-se enzimas que comandam a formação de aminoácidos para a construção de proteínas. Certos herbicidas como as imidazolinonas concentram-se nas áreas meristemáticas e inibem a enzima acetolactosintase (ALS ou AHAS), que tem por função promover a constituição dos aminoácidos essenciais como isoleucina, leucina e valina.

No Brasil, a primeira cultura a ser explorada com essa tecnologia foi o milho. Por meio de mutações, foram selecionadas células resistentes ao herbicida para posterior regeneração via cultura de tecidos. Sob convênio, empresas que desenvolvem milhos híbridos estão incorporando por retrocruzamentos, tolerância ao herbicida OnDuty®, desenvolvido especialmente para essa cultura.

O arroz é a segunda cultura para a qual se desenvolveu, no Brasil, um “Sistema de Produção *Clear field*®”, entretanto, o método de obtenção da linhagem resistente foi diferente do milho. Por meio desse sistema, procura-se também o controle do arroz-vermelho nos campos, uma vez que no cultivo de sementes de arroz a presença do arroz-vermelho pode inviabilizar toda a produção. Essa planta daninha pertence à mesma espécie de arroz cultivado, com características morfológicas e fisiológicas similares, por isso seu controle é considerado difícil, sendo inviável o uso de herbicidas seletivos ao arroz. O controle do arroz-vermelho em lavouras infestadas requer a utilização de um conjunto integrado de práticas, que incluem o uso de sementes puras e de um sistema de semeadura com sementes pré-germinadas, transplântio e medidas de controle a serem adotadas antes da implantação da lavoura,

como preparo do solo na entressafra e adoção do sistema de cultivo mínimo.

No sistema *Clear field*, sementes de arroz foram embebidas na presença de etilmetanesulfonato (SEM). Essas sementes foram semeadas e as plântulas tratadas com *Only*[®], que é o nome comercial do produto químico à base de Imidazolinona. Nessa espécie, uma única variante de um aminoácido na enzima AHAS confere tolerância a herbicidas do grupo das imidazolinonas.

A partir de um acordo de cooperação técnica com a indústria de defensivos Basf e empresas como o Instituto Rio Grandense do Arroz (Irga) e a Rice Tec, programas de pesquisas têm avançado e os resultados estão chegando aos campos de produção.

Além do controle de plantas daninhas um outro problema a ser enfrentado durante a produção de sementes é o controle de pragas. Nos últimos anos foram desenvolvidas, por meio de transgenia, cultivares modificadas geneticamente para tolerância a insetos com a introdução de genes que codificam para toxinas ativas contra pragas de diferentes culturas. Esses genes têm sido isolados da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt), que é encontrada naturalmente no solo. O gênero *Bacillus* possui uma fase de esporulação característica no seu desenvolvimento, na qual cristais protéicos são formados. Tais cristais em *B. thuringiensis*, também chamados ô-endotoxinas, são codificados pelos genes *Cry* e constitui a base da transformação genética utilizada em espécies como o milho. Hoje existem inúmeras proteínas *Cry* isoladas e que podem ser utilizadas na transgenia. Uma das principais e importantes características das proteínas inseticidas *Cry* é a sua alta especificidade em relação às espécies-alvo de insetos afetadas.

Existem, no Brasil, cultivares de algodão geneticamente modificadas tolerantes às principais pragas da ordem Lepidoptera, como o curruquerê (*Alabama argillacea*), a lagarta-rosada (*Pectinophora gossypiella*) e a lagarta-da-maçã (*Heliothis virescens*). No caso do algodão Bollgard[®], modifi-

cado geneticamente, um dos genes introduzidos é o gene *CryIac*, que codifica para a produção da proteína *Cry IAc*, de ação biocida sobre insetos lepidópteros. A tecnologia Bollgard possibilita o controle de lagartas que atacam o algodoeiro, como *Pectinophora gossypiella*, *Alabama argillacea* e *Heliothis virescens*. Simulações de diversos cenários mostram que reduções do custo da produção dependem, sobretudo, do espectro de pragas da região, sendo menores em regiões de ocorrência do bicudo-do-algodoeiro ou de *Spodoptera*.

PUREZA GENÉTICA E FLUXO GÊNICO

Independente da metodologia utilizada no desenvolvimento de novas cultivares, uma grande preocupação nas empresas produtoras de sementes é com a manutenção da pureza genética das cultivares desenvolvidas nos programas de melhoramento. Para isso, as contaminações genéticas e varietal deverão ser evitadas. Na contaminação genética há troca de pólen, havendo, dessa forma, o fluxo gênico que pode ser considerado como a capacidade de troca natural de genes entre organismos ou ainda como o processo migratório de alelos. Um dos argumentos levantados por pesquisadores no caso de plantas transgênicas é a possibilidade de escape gênico entre espécies com parentesco ou até mesmo de esses genes serem incorporados em outras espécies, modificando assim o ecossistema.

A pureza genética das cultivares utilizadas pelos agricultores deve ser conservada, tanto nas cultivares convencionais como nas transgênicas. Vale ressaltar que o fluxo gênico não é uma preocupação peculiar à era da biotecnologia. O intercâmbio de genes entre as cultivares tem ocorrido desde que os melhoristas começaram a lançar suas cultivares.

O fluxo gênico das cultivares para as espécies silvestres limita-se àquele que pode ocorrer na espécie ou entre espécies sexualmente compatíveis. A soja (*Glycine*

max) só é sexualmente compatível com seu parente silvestre *G. soja*. A espécie *G. Max* não cruza com quaisquer outros tipos silvestres de *Glycine* ou de outras espécies.

Entre diferentes espécies, o fluxo gênico é extremamente complexo e requer a quebra de várias barreiras de isolamento reprodutivo, como: espécies com *habitats* diferentes; espécies com maturidade sexual em épocas distintas; e incompatibilidade genética, dentre outras. O que deve ser ressaltado é que uma vez ocorrendo o fluxo de genes para outras cultivares, esses poderão, por meio da recombinação, ser disseminados.

Vale ressaltar ainda que a contaminação genética varia com o tipo de polinização de cada espécie. Nas autógamas e que apresentam cleistogamia, fenômeno que se caracteriza pela ocorrência da fecundação antes da abertura do botão floral, ocorrem baixas taxas de cruzamento natural. A taxa de fecundação entre plantas de soja da mesma espécie (*Glycine max*) e com ciclo vegetativo de mesma duração é inferior a 1%. As espécies autógamas típicas são: soja, feijão, trigo e alface, cuja frequência de polinização cruzada é inferior a 5%. Como alógamas podem ser citadas: eucaliptos, milho, cebola entre outras, cuja fecundação cruzada é elevada, normalmente acima de 90%.

Existem ainda diferenças entre cultivares no que diz respeito ao tamanho e à cor de flores, atraindo mais ou menos polinizadores, e na produção de pólen, a qual afeta a taxa de polinização cruzada. A taxa de fecundação cruzada entre espécies ou entre cultivares da mesma espécie depende da produção e dispersão de pólen. Modelos matemáticos têm sido utilizados para simular os padrões de dispersão de pólen em milho e outras espécies.

No caso de espécies autógamas há grande preocupação em controlar a pureza genética das sementes, controlando a contaminação varietal. Para isso, são evitadas misturas de sementes da mesma espécie, mas de cultivares diferentes por meio de limpezas rigorosas em maquinários usados

durante a semeadura, colheita, beneficia-mento, assim como em sacarias reutilizadas, caminhões, dentre outros. Além disso, esse tipo de contaminação pode ocorrer, devido à presença de plantas atípicas na área de produção.

A contaminação genética em espécies alógamas ocorre com maior frequência que em espécies autógamas. O milho é uma planta alógama e apresenta grande diferença no tamanho do pendão em função de cultivares e, em consequência, diferenças na produção de pólen. A duração da antese varia conforme a cultivar, porém, de modo geral varia de 5 a 8 dias. Por meio de alguns estudos, tem sido proposto o isolamento de 200 m para campos de produção de sementes de milho para se ter 99,9% de pureza. De acordo com alguns pesquisadores, associando o isolamento espacial de 200 a 300 m com o isolamento temporal, isto é, intervalo de semeadura de 30 dias, a chance de ocorrer fluxo gênico vertical por meio de pólen é nula.

Algumas espécies são consideradas intermediárias quanto ao tipo de fecundação, em que a taxa de autofecundação é superior a 5% das alógamas, mas inferior aos 95% das autógamas. Nesses casos existe preocupação por parte dos pesquisadores em relação ao fluxo gênico, que envolve cultivares modificadas geneticamente. O algodão é considerado de fecundação intermediária e é a terceira cultura GM em área global plantada, logo após soja e milho, respectivamente.

No Brasil existem espécies silvestres de algodão que não ficam muito isoladas dos locais de plantio do algodão. Tem sido relatado que o fluxo gênico via pólen, nessa espécie, é possível, porque as raças e espécies de *Gossypium* existentes no Brasil são compatíveis entre si e também com os algodoeiros transgênicos. No ambiente, pode ocorrer a partir de lavouras e de plantas isoladas, sendo necessária a intermediação de insetos polinizadores. Ações para evitar o fluxo gênico devem abranger tanto cultivares convencionais, quanto transgênicas. Segundo Freire (2002), para a preservação

da variabilidade de algodoeiro existente no Brasil, algumas medidas preventivas podem ser adotadas como: a adoção de áreas de exclusão, ampliando as fronteiras dos locais não-zoneados para o plantio de algodoeiro em mais de 10 km, com demarcação com sistema de posicionamento global (GPS); a proibição do transporte de sementes de outras partes vegetativas de algodoeiros transgênicos, para o interior das zonas de exclusão.

Padrões referentes aos isolamentos de campos de produção de sementes são determinados para as diferentes espécies, levando-se em consideração as especificidades de cada cultura.

PRODUÇÃO DE SEMENTE HÍBRIDA

Sementes híbridas são resultantes do cruzamento entre indivíduos geneticamente diferentes. São produzidas comercialmente para espécies, em que o aumento no custo de tal produção é compensado pela maior produtividade, devido à heterose. São produzidas e comercializadas com sucesso em culturas muito importantes como: milho, girassol, sorgo e hortaliças (tomate, cebola, beterraba, brassicáceas, dentre outras).

Existem alguns requisitos básicos para se produzirem sementes híbridas com sucesso. São eles:

- a) presença de vigor híbrido ou heterose, que representa um aumento no desempenho de indivíduos híbridos, quando comparados aos pais;
- b) transporte eficiente de pólen do parental masculino para o feminino;
- c) produção com economia e garantia;
- d) eliminação de pólen fértil no parental feminino que pode ser feita por meio de emasculação manual ou mecânica, ou pelo uso de macho-esterilidade.

A emasculação manual é uma operação de alto custo e inexequível em grande escala para a maioria das espécies, à exceção

do milho, uma espécie monóica, em que o despendoamento das plantas do parental feminino é utilizado com frequência na produção de sementes híbridas. O despendoamento mecânico também tem sido utilizado na produção de sementes híbridas de milho, no Brasil, com redução significativa de mão-de-obra. No entanto, nesse sistema pode ocorrer retirada excessiva de folhas superiores da planta, o que leva à redução da produção de sementes.

A macho-esterilidade propicia a produção de híbridos de várias espécies, inclusive de milho, e pode ser definida como a incapacidade de as plantas produzirem ou liberarem pólen viável, sendo classificada em quatro tipos distintos. A macho-esterilidade induzida pode ocorrer em função de condições ambientais adversas e ser induzida por agentes químicos como a giberelina (GA) e colchicina, ou ainda, provocada pela incidência de radiações ionizantes. A utilização de produtos químicos que inviabilizam a formação dos gametas (gametocidas) seria, em primeira instância, o método ideal para a obtenção de híbridos, porém, sua utilização apresenta desvantagens como: aborto do pólen incompleto, tratamentos eficientes em estágio específico do desenvolvimento da planta, fertilidade feminina afetada, efeitos colaterais como deformação e atrofia da planta. Outro tipo de macho-esterilidade é a supressão do sexo masculino. Várias espécies normalmente bissexuadas, como tomate, fumo, milho e sorgo, apresentam plantas mutantes com a presença de estames reduzidos ou ausentes, algumas espécies apresentam estames diferenciados em pétalas (ornamentais), carpelos (couve, cenoura) ou pistilos (mamão, milho). Esse tipo de macho-esterilidade é mais utilizado para produzir híbridos de ornamentais. Já na macho-esterilidade funcional o pólen é potencialmente fértil, porém, não é liberado, devido à ocorrência de um defeito no mecanismo de deiscência da antera. É uma característica interessante, pois permite eficiência no controle dos cruzamentos, bastando abrir as anteras das plantas desejadas. Infeliz-

mente, esse é um mecanismo que ocorre muito raramente e em poucas culturas, tais como couve e tomate. A macho-esterilidade verdadeira é um tipo particular de esterilidade que se distingue pelo não-funcionamento dos gametas masculinos, controlada por fatores hereditários nucleares e/ou citoplasmáticos. Tem sido encontrada em muitas culturas, nas quais, somente após a sua descoberta e utilização, as cultivares híbridas passaram a ter emprego prático e importância comercial.

De acordo com a maneira como são controlados geneticamente, os exemplos conhecidos de macho-esterilidade verdadeira podem ser classificados em três sistemas:

- a) macho-esterilidade genética, controlada por genes nucleares;
- b) macho-esterilidade citoplasmática, controlada por fatores extracromossômicos;
- c) macho-esterilidade genético-citoplasmática, controlada pela interação de genes nucleares com fatores extracromossômicos.

Dessas, a macho-esterilidade genético-citoplasmática (MEG-C) tem sido a mais utilizada para a produção de sementes de grandes culturas. Nessa, as progênies das plantas macho-estéreis não são todas necessariamente macho-estéreis, podendo ocorrer plantas férteis, dependendo do polinizador utilizado. As características macho-estéreis determinadas pelo citoplasma podem ser alteradas ou até mesmo anuladas, quando genes nucleares, denominados restauradores de fertilidade (Rf Rf), estão presentes. Esses genes têm a propriedade de restaurar a capacidade de produção de pólen nas plantas portadoras do citoplasma macho-estéril.

Em 1944, foi descoberto esse tipo de macho-esterilidade em cebola e feita a primeira referência sobre o seu uso na produção de sementes híbridas. Foi descoberta a macho-esterilidade também em várias outras espécies como milho, sorgo e girassol. Três tipos de linhagens devem ser

desenvolvidos e mantidos, quando o sistema de MEG-C é utilizado para produzir híbridos, como é o caso do milho, sorgo, girassol e outras espécies. Uma primeira macho-estéril, chamada linhagem A; uma segunda macho-fértil, com capacidade de manutenção da esterilidade da linhagem A e que deve ser o mais semelhante possível à linhagem A, a qual é conhecida como linhagem B; e a terceira, também macho-fértil, mas com capacidade de restauração da fertilidade da linhagem A, conhecida como linhagem R. A combinação das duas primeiras linhagens (A e B) produz sementes que originam plantas macho-estéreis (sementes da linhagem A), e o cruzamento entre as linhagens A e R produz as sementes híbridas, que originam plantas férteis.

A combinação das linhagens A, B e R em diferentes materiais pode ser usada para produzir híbridos simples, duplos e triplos e também os híbridos modificados, sem emasculação manual. A produção de sementes de um híbrido simples e de seus parentais, por exemplo, por meio de emasculação manual requer a instalação de três campos isolados: P1, P2 e P1xP2. Porém, quando é usada a MEG-C, quatro campos isolados são necessários: cruzamento da linhagem A com a linhagem B para obter sementes de P1, linhagem B (mantenedora) de P1, linhagem R (P2) e P1xP2.

A MEG-C em milho foi descoberta em 1933 e começou a ser usada extensivamente para produção de sementes híbridas a partir de 1950, substituindo o despendoamento mecânico ou manual das linhas produtoras de sementes, diminuindo, assim, o custo de produção.

O citoplasma T foi intensamente utilizado até 1970, quando ocorreu uma epidemia causada pelo fungo *Helminthosporium maydis* raça T, com virulência específica às plantas portadoras de citoplasma T. Essa epidemia ocorreu em 1971, no Brasil, causou grandes prejuízos, resultando no retorno à utilização do citoplasma normal e na busca de novas fontes de macho-esterilidade resistentes ao fungo.

A partir de 1970, outras fontes de macho-esterilidade passaram a ser investigadas, sendo o citoplasma C o mais desejável em programas de melhoramento, pois confere estabilidade completa em diversas linhagens e é mais estável que o citoplasma S em relação às variações do ambiente.

Nos últimos anos, praticamente não tem sido utilizada a macho-esterilidade na produção de sementes híbridas de milho. Como supostas causas, está um alarme feito por pesquisador da China que relatou suscetibilidade do citoplasma C à helmintosporiose. Também a grande competição observada entre as empresas produtoras de sementes de milho, colocando muitos híbridos no mercado, vem acarretando menor vida útil para os híbridos de maneira geral, não compensando, assim, os programas de conversão para macho-esterilidade e restauração de fertilidade dos componentes dos híbridos.

A macho-esterilidade genético-citoplasmática tem sido utilizada também na produção de sementes híbridas de sorgo. O sorgo é uma espécie autógama com taxa de polinização cruzada, que varia de 2% a 35%, sendo a média de 6%. A produção de sementes híbridas de sorgo só foi viabilizada após a descoberta da macho-esterilidade genético-citoplasmática, em 1937. Desde o início da produção de híbridos, utilizando MEG-C, o citoplasma amplamente utilizado em sorgo tem sido o Milo, originado da cultivar Dwarf Yellow Milo. Também existem outras fontes de citoplasma para ser mais bem estudadas, como a A2, A3 e 9E.

Sementes híbridas de sorgo são produzidas com sucesso, utilizando MEG-C por meio da mesma metodologia de retrocruzamentos para produção e manutenção das linhagens A, B e R nas combinações desejadas. No caso do sorgo, são desenvolvidos híbridos simples, uma vez que a produção de sementes pelo parental feminino é satisfatória. Os híbridos de sorgo são amplamente utilizados, pois apresentam grande adaptação e produtividade.

Sementes híbridas de girassol também

têm sido produzidas por empresas produtoras de sementes. O girassol é uma espécie completamente alógama, favorecida por fatores que tornam a autofecundação difícil como a protandria, sistema de auto-incompatibilidade genética e a posição do estigma acima das anteras. A polinização é feita por insetos, principalmente abelhas-domésticas (*Apis mellifera*).

Nos campos de produção de sementes híbridas, onde se utiliza a macho-esterilidade genético-citoplasmática, devem ser realizadas inspeções, a fim de comprovar a completa esterilidade masculina nas linhas do parental feminino. Nessas condições, podem ocorrer problemas de restauração parcial, por efeito de genes modificadores ou do ambiente, ocorrendo certa porcentagem de plantas macho-férteis, as quais devem ser eliminadas manualmente.

Híbridos de arroz têm apresentado heterose entre 20% e 30%, o que justifica os esforços despendidos nessa linha de pesquisa e na produção de sementes híbridas, principalmente nos sistemas que já atingiram um patamar elevado de produtividade. Embora a estrutura floral do arroz favoreça 95% de autopolinização, mecanismos de produção de sementes híbridas, usando sistemas com base na macho-esterilidade genético-citoplasmática e macho-esterilidade genético-ambiental, foram desenvolvidos pelo chinês, visando o aproveitamento da heterose.

Entre os dois sistemas de produção de arroz híbrido, o mais popular é a macho-esterilidade genético-citoplasmática, conhecida como o sistema de três linhagens. Em arroz o citoplasma denominado *Wild abortiv* (WA) é o causador de esterilidade masculina em algumas linhagens, que são ditas mantenedoras da macho-esterilidade. Vale ressaltar que existem outros citoplasmas causadores de macho-esterilidade, mas esses apresentam desvantagens em relação ao citoplasma WA.

Já o sistema de duas linhas envolve um parental cuja esterilidade é induzida por alterações ambientais (EGMS) durante

sua antese (fotoperíodo, temperatura ou ambos), e outra linhagem, cuja fertilidade não é afetada por alterações no ambiente, sendo esta utilizada como doadora de pólen nos cruzamentos e conseqüente produção do híbrido F_1 .

Visando evitar problemas relacionados com uma maior vulnerabilidade a epidemias de híbridos comerciais produzidos pelo sistema de três linhagens, devido à utilização continuada do mesmo citoplasma WA, têm-se utilizado genes nucleares recessivos que causam macho-esterilidade de acordo com o comprimento do dia – macho-esterilidade genético-fotossensitiva (PGMS) e temperatura – macho-esterilidade genético-termossensitiva (TGMS) ou, em alguns casos, a interação das duas. Essa estratégia de duas linhagens apresenta uma série de vantagens e pode levar à obtenção de híbridos até 10% mais produtivos que aqueles obtidos pelo sistema de três linhagens. A multiplicação das linhagens EGMS para produção dos híbridos é restrita a determinados locais, bem como a determinadas estações.

Em geral as linhagens parentais híbridas de arroz diferem em sua duração de crescimento, por isso a obtenção de floração bem sincronizada é um problema importante na produção de sementes híbridas de arroz.

A pulverização de GA_3 na base da panícula de plantas de arroz pode soltar uma panícula fechada, acelerar a floração, dilatar ou aumentar o ângulo de abertura da gluma e prolongar seu tempo de abertura, aumentar a taxa de brotação do estigma, aumentando significativamente a produção de sementes. O GA_3 pode ser pulverizado com os inseticidas, porém não pode ser misturado com substâncias alcalinas.

O uso do GA_3 não descarta a necessidade do corte das folhas bandeiras e a utilização de corda para movimentação das linhagens. Se as linhas parentais tiverem folhas bandeiras longas, eretas que podem obstruir o movimento de pólen, essas devem ser cortadas de um ou dois terços do seu comprimento. Porém, essa prática po-

de também apresentar efeitos negativos como, por exemplo, disseminar doenças bacterianas e fúngicas nas folhas, além da possível redução da atividade fotossintética. Dessa forma, o manejo cultural por meio do controle de plantas daninhas, doenças, insetos e nutrição das plantas deve ser bem administrado pelos produtores de sementes.

Na produção de sementes de arroz tem sido utilizado ainda o transplante de mudas, que é um sistema de semeadura indireta, onde as plantas crescem inicialmente em um viveiro de mudas (fase de produção de mudas) e, posteriormente, são transplantadas em local definitivo, sendo sua principal vantagem a produção de sementes geneticamente puras. A operação de transplante é feita, quando as mudas atingem de 13 a 15 cm. A área sistematizada é drenada pouco antes da operação de transplante, mantendo o solo saturado por dois a três dias.

Após a realização dos tratos culturais inerentes a cada cultura, outra etapa importante do processo de produção é a colheita de sementes, exigindo um planejamento criterioso por parte das empresas produtoras.

COLHEITA DE SEMENTE

A colheita de sementes deve ser efetuada no momento adequado, com o intuito de reduzir ao máximo as possíveis perdas em sua qualidade. Ao atingir o ponto de maturidade fisiológica, a semente ainda se apresenta com elevados teores de água, o que inviabiliza a colheita mecânica em grãos. Neste contexto, nas empresas produtoras de sementes, têm-se buscado alternativas para a antecipação da colheita, sem perdas na qualidade das sementes. Em milho, a colheita das sementes em espiga, com elevado teor de água deve ser preferencialmente realizada, objetivando a obtenção de sementes com qualidades física, fisiológica e sanitária superiores. A colheita das sementes de milho em espiga permite ainda a viabilização das estruturas de produção,

de secagem e de beneficiamento, devido à liberação de áreas de plantio mais cedo, e antecipação da secagem e beneficiamento, tem-se dessa forma um melhor planejamento.

Entretanto, nesse tipo de colheita, as espigas devem ser submetidas ao processo de secagem artificial, visando à redução do conteúdo de água das sementes, para que se tenha um armazenamento seguro. Expor sementes com altos teores de água e a temperaturas elevadas durante a secagem artificial, pode resultar em redução de sua qualidade, o que leva a uma baixa germinação, baixo vigor das plântulas e redução do estande. Sementes maduras de milho, à medida que sofrem desidratação natural, tornam-se tolerantes a temperaturas de secagem elevadas em consequência de mudanças físicas, fisiológicas e bioquímicas que ocorrem com a redução do teor de água. O entendimento dessas mudanças é de fundamental importância para o desenvolvimento de metodologias de secagem de sementes de milho colhidas em espigas com altos teores de água.

Pré-secagem inicial a 35°C até atingir o teor de água das sementes em torno de 27%, seguida de secagem a 45°C até 12%, propicia uma qualidade fisiológica nas sementes de milho similar às sementes secadas à sombra, representando vantagens para o produtor de sementes.

Sabe-se ainda que a suscetibilidade da semente a danos por secagem é função das condições de secagem, da qualidade e do teor de água inicial da semente, aliada a aspectos genéticos.

Para sementes de milho, parece existir variabilidade genética com relação à injúria por secagem. Isso permite a seleção de cultivares tolerantes a altas temperaturas, proporcionando redução no tempo de secagem das sementes. Essa redução é muito significativa nos programas de controle de qualidade de sementes, por ser a secagem considerada uma etapa crítica durante o processo de produção. Em pesquisas recentes tem sido observado que a herança

para a tolerância a altas temperaturas de secagem, em milho, é materna.

Em outras espécies, herbicidas desseccantes têm sido utilizados na produção de sementes, visando à antecipação da colheita. Na fase de maturidade fisiológica, as sementes atingem o máximo de matéria seca (MS), porém o teor de água elevado impede as operações de colheita. Além de uniformizar e diminuir o teor de água das sementes e antecipar a retirada do produto no campo, o uso de desseccantes pode propiciar o controle de plantas daninhas que tenham escapado na área, garantindo dessa forma um bom desempenho das operações mecânicas da colheita.

A época para aplicação dos herbicidas desseccantes tem como referencial o estágio de maturidade fisiológica, período em que as sementes atingem o máximo valor de matéria seca, e, na maioria das espécies, os maiores valores de vigor e germinação. Aplicações mais precoces representam significativas reduções no rendimento. A aplicação de desseccantes tem sido recomendada para produção de sementes de algumas espécies como soja, feijão, girassol, algodão, dentre outras, porém a escolha correta dos produtos, dosagens, época de aplicação e o conhecimento de suas interações com a época de colheita e aplicação de fungicidas podem permitir maior eficiência da dessecação.

Na soja de hábito de crescimento determinado, o estágio de aplicação dos desseccantes faz-se a partir do estágio R7, onde o teor de água encontra-se em torno de 45%. É muito importante o reconhecimento prático do estágio de maturidade fisiológica, pois esta caracteriza-se, quando as sementes se desligam fisiologicamente da planta e passam a sofrer maior interferência do meio ambiente.

Em feijão, devido ao seu hábito de crescimento, na maioria das vezes indeterminado, em que o florescimento não é uniforme, é difícil determinar com precisão o estágio de maturação fisiológica. Por meio de algumas pesquisas, tem-se observado

que o ponto ideal de dessecação do feijoeiro é quando as plantas apresentam de 60% a 70% de vagens maduras e as sementes apresentam teores de água próximos a 39%.

Os desseccantes em feijoeiro são mais difundidos entre os produtores que utilizam melhores tecnologias e, em consequência, mais insumos, principalmente adubação nitrogenada e fungicida, que promovem maiores retenções foliares na época de colheita, justificando, assim, o uso de desseccantes.

O grupo químico dos bupiridílios, como as moléculas Paraquat e Diquat, é herbicida derivado da amônia quaternária, sendo largamente utilizada como herbicidas no sistema de plantio direto, como desseccantes em pré-plantio e também em dessecação em pré-colheita.

Estes herbicidas capturam elétrons provenientes da fotossíntese e da respiração, formando radicais livres. Esses radicais são instáveis e rapidamente sofrem auto-oxidação, durante a qual são produzidos radicais de superóxidos, que sofrem o processo de dismutação, para formarem o peróxido de hidrogênio, que com os superóxidos reagem, produzindo radicais de hidroxil e oxigênio livre (singleto). Essas substâncias promovem a degradação das membranas, o que ocasiona o vazamento do suco celular e a morte do tecido. A rápida destruição da membrana celular impede a translocação desses herbicidas para outras regiões da planta, principalmente quando houver insolação intensa. Os herbicidas comerciais, nos quais se utiliza o Paraquat como base, são: Gramoxone, Gramocil, Paradox, entre outros. O que utiliza o Diquat, pode ser citado o Reglone.

Um outro grupo de herbicidas utilizado na dessecação inibe a enzima 5-enolpiruvilshikimate-3-fosfato sintase (EPSPS), na rota de síntese dos aminoácidos aromáticos essenciais fenilalanina, tirosina e triptofano, que são precursores de outros produtos, como a lignina, alcalóides, flavonóides e ácidos benzóicos. A translocação é melho-

rada, quando as plantas estão expostas à luz e com alta atividade metabólica. A esse grupo pertence a molécula Glyphosate. Produtos comerciais que contêm o Glyphosate: Agrisato, Glifosato, Glion, Gliz, Pilarsato, Roundup, Trop, Zapp Qi entre outros.

Já no grupo de herbicidas inibidores da Prototox o mecanismo de ação é a inibição de atuação da enzima protoporfirogênio oxidase. Lipídios e proteínas são atacados e oxidados, resultando em perda da clorofila e dos carotenóides e rompimento das membranas, o que faz com que as células das organelas sequem e degradem rapidamente. Os herbicidas desse grupo geralmente apresentam poucas ou nenhuma translocação nas plantas. O herbicida Carfentrazone Ethyl pertence a esse grupo. Os produtos comerciais existentes no mercado são Aurora, Shark e Affinity.

Outros herbicidas têm como mecanismo de ação a inibição da enzima glutamina sintetase (GS), na rota de assimilação do nitrogênio. Com a inibição da GS ocorre o acúmulo de amônia e as células acabam morrendo. Pertence a esse grupo, o herbicida Glufosinato de Amônio. Produtos comerciais que têm o Glufosinato de Amônio como base, são o Finale e o Antecip.

De acordo com dados de pesquisa (FRAGA, 1988; DOMINGOS, 1998; BORGES; SIEDE, 1999; MIGUEL, 2003; ADEGAS, 2004; SANTOS et al., 2004), os dessecantes de contato como o Diquat, Paraquat, Carfentrazone Ethyl e Glufosinato de Amônio parecem ser eficientes na redução do teor de água das sementes e na antecipação da colheita, tanto na cultura da soja, quanto na do feijoeiro. Para o herbicida Glyphosate, a redução e a antecipação da colheita parecem ser menos eficientes, por ser um herbicida sistêmico.

Verifica-se, também, que o herbicida Diquat e, na maioria dos trabalhos, o Paraquat, não influenciam a qualidade das sementes do feijoeiro e da soja, quando aplicados na maturidade fisiológica. Tem sido observado em trabalhos de pesquisa, que para o Glufosinato de Amônio, indepen-

dente da época de aplicação, há prejuízo na qualidade de sementes do feijoeiro. Já o herbicida sistêmico Glyphosate tem resultados insatisfatórios como dessecantes, para a produção de sementes.

Vale ressaltar que vários herbicidas têm sido avaliados para a dessecação em sementes e que há necessidade de avaliar os resultados em várias espécies, para serem recomendados com segurança, sem danos para a qualidade fisiológica das sementes.

Como já mencionado, a colheita é uma das principais etapas da produção de sementes, requer cuidados especiais e um planejamento criterioso, além de representar um alto custo dentro do processo de produção.

A colheita mecânica das lavouras instaladas em grandes áreas oferece vantagens, como a diminuição de gastos com a mão-de-obra, redução do tempo de colheita, entre outras. Por outro lado, é sabido que esse tipo de colheita torna as sementes mais suscetíveis a danos mecânicos, o que eleva grandemente as perdas no processo de produção. A ocorrência de danos mecânicos é um fator negativo para a qualidade física, fisiológica e sanitária das sementes, o qual influencia principalmente a germinação e subsequente produção. Na colheita de sementes, predominantemente mecanizada, são utilizadas colhedoras de grãos, sendo necessários ajustes e adaptações para a minimização dos danos.

A colheita mecânica é um processo que envolve alto grau de impacto e as maiores perdas ocorrem no sistema de trilha, devido ao tipo de mecanismo trilhador. Com o intuito de reduzir tais perdas, comuns ao mecanismo trilhador radial (sistema de trilha convencional de cilindro e côncavo), tem sido proposto o mecanismo axial. Neste, o sistema de trilha é constituído por um ou dois cilindros com comprimentos maiores, o que permite abaixar a velocidade do cilindro, fazendo com que o material a ser trilhado permaneça mais tempo no seu interior, o que leva a uma menor probabilidade de

danos. Além disso, a diminuição da velocidade do cilindro diminui a fricção das sementes e o seu esmagamento.

No mecanismo trilhador radial, com sistema de trilha constituído por um cilindro de menor comprimento e um côncavo, a alta velocidade do cilindro, o movimento de fricção entre as barras do cilindro e o côncavo para a separação das sementes, aliados ao lançamento destas no batedor de palha, causam um grande impacto e subsequentes danos. Neste sistema de trilha, para que haja uma boa separação das sementes, o menor comprimento do cilindro é compensado pela elevação da sua velocidade e redução da sua distância em relação ao côncavo.

A ocorrência de dano mecânico é considerada um dos mais sérios problemas na qualidade das sementes. Queda na germinação, perda de vigor, menor valor comercial, menor potencial de armazenamento e perda da pureza física são conseqüências da ocorrência de injúrias mecânicas nas sementes. Além disso, as injúrias mecânicas favorecem a infecção e a proliferação de patógenos nas sementes, sendo essa uma das causas que levaria à necessidade de utilização do tratamento fungicida, uma das medidas recomendadas para o controle dos patógenos veiculados pelas sementes.

De forma geral, observa-se que nos últimos anos houve grandes inovações na produção de sementes de várias espécies, principalmente relacionadas com o controle de plantas daninhas e pragas, na produção de sementes híbridas, antecipação da colheita de sementes, utilização de máquinas colhedoras que propiciem menor incidência de danos mecânicos, dentre outras. Ressalta-se, ainda, a grande preocupação com a pureza genética das sementes produzidas, fazendo com que as empresas invistam em técnicas seguras para evitar a contaminação genética e varietal. Todas essas inovações requerem das empresas maiores investimentos nos programas de controle de qualidade interno, para atender a um novo mercado de sementes.

REFERÊNCIAS

- ADEGAS, F.S.; PRETE, C.E.C. Eficácia do diquat na dessecação de cultivares de feijoeiro, em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência das Plantas Daninhas**: boletim informativo, Jaboticabal, v.10, p.123-124, 2004.
- BORGES, E.P.; SIEDE, P.K. **Dessecação da soja para antecipação do plantio da safrinha**. Maracaju: Fundação MS, 1999.
- BRASIL. Lei nº 9.456, de 25 de abril de 1997. Institui a Lei de Proteção de Cultivares, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 25 abr. 1997.
- _____. Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 6 ago. 2003. Seção 1, p.1.
- _____. Lei nº 11.105, de 24 de março de 2005. Regulamenta os incisos II, IV e V do § 1º do art. 225 da Constituição Federal, estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização de atividades que envolvam organismos geneticamente modificados – OGM e seus derivados, cria o Conselho Nacional de Biossegurança – CNBS, reestrutura a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CNTBio, dispõe sobre a Política Nacional de Biossegurança – PNB, revoga a Lei nº 8.974, de 5 de janeiro de 1995, e a Medida Provisória nº 2.191-9, de 23 de agosto de 2001, e os arts. 5º, 6º, 7º, 8º, 9º, 10 e 16 da Lei nº 10.814, de 15 de dezembro de 2003, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 28 mar. 2005. Seção 1, p.1.
- DOMINGOS, M. **Dessecação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**: efeitos sobre a produtividade e qualidade das sementes. 1998. 89f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- FRAGA, A.C. **Estudo sobre a utilização de desseccantes na produção de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 1988. 91f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- FREIRE, E.C.; BARROSO, P.A.V.; PENNA, J.C.V.; BORÉM, A. Fluxo gênico: análise do caso de algodão no Brasil. **Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, ano 5, n.29, p.104-113, nov./dez. 2002. Disponível em: <<http://www.biotecnologia.com.br>>. Acesso em: 7 jun. 2005.
- MIGUEL, H.M. **Herbicidas desseccantes**: momento de aplicação, eficiência e influência no rendimento e na qualidade de sementes de feijão. 2003. 111p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SANTOS, J.B.; FERREIRA, E.A.; SANTOS, E.A.; SILVA, A.A.; SILVA, F.M.; FERREIRA, L. R. Qualidade de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris*) após aplicação do carfentrazone-ethyl em pré-colheita. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.22, n.4, p.633-639, out./dez. 2004.
- BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**
- ALLARD, R.W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. São Paulo: Edgard Blücher, 1971. 381p.
- BASF. Disponível em: <<http://www.basf.com>>. Acesso em: mar. 2005.
- BASRA, A.S. **Heterosis and hybrid seed production in agronomic crop**. New York: Food Products Press, 1984. 269p.
- BORÉM, A. Biodiversidade e biotecnologia. In: BORÉM, A. (Ed.). **Biотecnologia e meio ambiente**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 2005. p.51-67.
- _____; RAMALHO, M.A.P. Escape gênico e impacto ambiental. **Biотecnologia, Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, v.5, n.28, p.44-47, set./out. 2002.
- COPELAND, L.O.; MCDONALD, M.B. **Principles of seed science and technology**. 3.ed. New York: Chapman & Hall, 1995. 409p.
- CROUGHAN, T.P. Application of tissue culture techniques to the development of herbicide resistant rice. **Louisiana Agriculture**, v.37, n.3, p.25-26, 1994.
- DESAI, B.B.; KOTTECHA, P.M.; SALUNKHE, D.K. **Seeds handbook**: biology, production, processing and storage. New York: Marcel Dekker, 1997. 627p.
- FEHR, W.R. **Principles of cultivar development**: theory and technique. New York: MacMillan, 1987. v.1, 761p.
- GRAIG, W.F. Production of hybrids corn seed. In: SPRAGUE, G.F. (Ed.). **Corn and corn improvement**. Madison: American Society of Agronomy, 1977. p.671-679.
- KELLY, A.F.; GEORGE, R.A.T. **Encyclopaedia of seed production of world crops**. Chichester: John Wiley, 1998. 403p.
- KIGEL, J.; GALILI, G. (Ed.). **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. 853p.
- LEVINGS, C.S., III. The Texas cytoplasm of maize: cytoplasmic male sterility and disease susceptibility. **Science**, Washington, v.250, n.4983, p.942-947, Nov.1990.
- MCDONALD, M.B.; COPELAND, L. **Seed production**: principles and practices, New York: Chapman & Hall, 1996. 749p.
- NOLDIN, J.A.; CHANDLER, J.M.; MCCAULEY, G.N. Red rice (*Oryza sativa*) biology – I: characterization of red rice ecotypes. **Weed Technology**, v.13, p.12-18, 1999.
- PENCKOWSKI, L.H.; OVEJERO, R.L. Utilização de desseccantes na pré-colheita do feijão. **Informativo Fundação ABC**, Castro, PR, v.20, p.12-15, fev. 2002.
- PEREIRA, J.A. **Cultura do arroz no Brasil**: subsídios para a sua história. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. 226p.
- PINHO, E.V.R. von. **Tecnologia de produção de sementes**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 75p.
- QUINBY, J.R. Interaction of genes and cytoplasm in male sterility in sorghum. In: ANNUAL CORN & SORGHUM RESEARCH CONFERENCE, 35., 1980, Chicago. **Proceedings...** Washington: American Seed Trade Association, 1980.
- RICE TEC. Disponível em : <<http://www.ricetec.com.br>>. Acesso em: maio 2005.

SCHERTZ, K.F. Potentials with new cytoplasmic male sterility systems in sorghum. In: ANNUAL CORN & SORGHUM RESEARCH CONFERENCE, 38., 1983, Chicago. **Proceedings...** Washington: American Seed Trade Association, 1983. p.1-10.

SIQUEIRA, J.O.; TRANNIN, I.C. de B.; RAMALHO, M.A.P.; FONTES, E.M.G. Interferências no agrossistema e riscos ambientais de culturas transgênicas tolerantes a herbicidas e protegidas contra insetos. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.21, n.1, p.11-81, jan./abr. 2004.

SMITH, D.L. Planting seed production. In: CARTER, J. F. (Ed.). **Sunflower science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 1978. cap. 11, p.371-387.

SNEEP, J.; MURTY, B.R.; UTZ, H.F. Current breeding methods. In: SNEEP, J.; HENDRIKSEN, A.J.T. (Ed.). **Plant breeding perspectives**. Wageningen: Centre for Agricultural Publishing and Documentation, 1979. p.104-233.

VIRMANI, S.S.; SUN, Z.X.; MOU, T.M.; ALI JAUHAR, A.; MAO, C.X. **Two-line hybrid rice breeding manual**. Los Baños, Philippines: International Rice Research Institute, 2003. 88p.

WILMINK, A.; DONS, J.J.M. Selective agents and marker genes for use in transformation systems of monocotyledonous plants. **Plant Molecular Biology Reporter**, Wageningen, v.11, n.2, p.165-185, 1993.

WRIGHT, H. Commercial hybrid seed production. In: FEHR, W.R.; HADLEY, H.H. (Ed.). **Hybridization of crop plants**. Madison: American Society of Agronomy, 1980. p.162-176.

WYCH, R.D. Production of hybrid seed corn. In: SPRAGUE, G.F.; DUDLEY, J.W. (Ed.). **Corn and corn improvement**. 3.ed. Madison: American Society of Agronomy, 1988. cap. 12, p.565-766.

ZANETTINI, M.H.B.; PASQUALI, G. **Plantas transgênicas: uma nova ferramenta para o melhoramento genético vegetal**. Porto Alegre: UFRS, 17p.

Veja no próximo

INFORME AGROPECUÁRIO

CULTIVO DO MILHO NO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

- Aspectos de produção e mercado
- Manejo da cultura em sistema de plantio direto
- A cultura do milho na integração lavoura-pecuária
- Produção de milho orgânico no sistema de plantio direto
- Manejo de pragas e plantas daninhas
- Principais doenças

Leia e Assine o **INFORME AGROPECUÁRIO**

(31) 3488-6688

publicacao@epamig.br

Produção de sementes

*Antônio Rodrigues Vieira¹
Edson Marques da Silva²
João Roberto de Mello Rodrigues³*

Resumo - A produção de sementes é de suma importância para o desenvolvimento do agronegócio brasileiro. O processo de produção desse insumo deve obedecer à legislação brasileira que define normas e padrões a serem seguidos pelos produtores. As lavouras destinadas à produção de sementes devem ser conduzidas de forma especial em relação às lavouras destinadas à produção de grãos. O agricultor que decide produzir sementes deve estar convicto da necessidade de maiores investimentos e cuidados extras e ciente de que, apesar do valor agregado, a atividade é de risco em relação ao retorno financeiro. Uma cultura para a produção de sementes deve ser projetada levando em consideração pontos específicos a serem observados, tais como: região e área a ser utilizada; semente e cultivar; época de plantio; nutrição; semeadura; práticas culturais; tratamentos culturais, maturação da semente; colheita; secagem; beneficiamento; tratamento químico; embalagem e armazenamento. Esse conjunto de fatores torna-se necessário, para que o empreendimento ao final do processo produtivo possa gerar sementes com quantidade, dentro de padrões preestabelecidos em relação a doenças, pragas, plantas daninhas, pureza, germinação e vigor, para expressar, assim, todo o seu potencial genético.

Palavras-chave: Semente. Cultivo. Trato cultural. Colheita. Qualidade. Beneficiamento. Armazenamento.

INTRODUÇÃO

A semente constitui o insumo fundamental para o desenvolvimento da agricultura, pois é um veículo compacto, resistente e prático, por meio do qual as cultivares são propagadas no tempo e no espaço. É provável que seja o insumo com maior valor agregado, pois leva consigo a constituição genética da cultivar, fruto de muitos anos de trabalho desenvolvido pela pesquisa.

A fim de que as cultivares obtidas pelo melhoramento genético atinjam uma grande proporção da área cultivada e manifestem toda sua potencialidade produtiva, torna-

se necessária a execução de uma série de atividades distintas, subsequentes e interdependentes, próprias de um sistema de produção de sementes. Essas atividades, quando criteriosamente normalizadas e observadas, asseguram a preservação das características intrínsecas das cultivares durante sua multiplicação e disseminação final para utilização pelos agricultores.

A produção de sementes é um processo com diversas fases, que incluem a pesquisa e o melhoramento, a produção, a certificação, etc., até a manutenção depois da colheita, cuja finalidade específica é obter sementes de qualidade, com alta pureza

genética, pureza física, qualidade fisiológica e sanitária.

ESCOLHA DA REGIÃO E DA ÁREA

Na seleção de uma região para a produção de sementes, diversos fatores climáticos devem ser considerados. Baixa luminosidade, variações bruscas na temperatura e elevada umidade relativa são desfavoráveis à obtenção de sementes de qualidade e altamente favoráveis à incidência de doenças.

Antes de definir a área para produção de sementes, deve-se procurar conhecer o

¹Eng^o Agr^o, D.Sc., Pesq. EPAMIG-CTSM, Caixa Postal 176, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: arvieira@epamig.ufla.br

²Eng^o Agr^o, Pesq. EPAMIG-CTSM, Caixa Postal 176, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: edsonms@epamig.br

³Eng^o Agr^o, D.Sc., Pesq. EPAMIG-CTSM, Caixa Postal 515, CEP 31170-000 Belo Horizonte-MG. Correio eletrônico: jrmello@epamig.br

histórico dessa área no que se refere às cultivares utilizadas anteriormente, para prevenir o aparecimento de plantas voluntárias. Dependendo da espécie, da cultivar e dos fatores climáticos, as sementes poderão permanecer viáveis no solo por um longo período, vindo a germinar juntamente com a semente plantada, provocando a ocorrência de contaminação genética e/ou varietal. É importante também que sejam observados aspectos tais como, drenagem da área, fertilidade do solo para o crescimento e a maturação uniforme facilitando a operação de colheita das sementes, áreas livres de infestação com plantas daninhas agressivas que possam se misturar às sementes e serem levadas para outras áreas. É importante observar ainda que o solo esteja livre de doenças, que possam ter seus agentes causais veiculados por sementes e que não possam ser controlados por meio de tratamento dessas sementes.

Os campos de sementes devem estar fisicamente isolados para impedir possíveis contaminações genéticas e misturas varietais e para preservar a condição fitossanitária dos materiais. Separação mínima em tempo e/ou espaço deve existir entre os campos de produção, sendo este último variável de acordo com o tipo de reprodução das plantas, da cultivar, do tamanho do campo, da direção dos ventos predominantes e da presença de barreiras naturais.

Não é recomendável usar a mesma área repetidas vezes, para produção de sementes. Aconselha-se adotar um manejo que quebre o ciclo das plantas daninhas, pragas e doenças e possibilite recuperar o nível de fertilidade do solo.

ESCOLHA DA SEMENTE/CULTIVAR

A escolha da semente a ser plantada é o ponto de partida para instalação de uma boa lavoura e, conseqüentemente, para se obter uma boa produção. Nesse contexto, as cultivares a serem multiplicadas devem ser geneticamente puras, cujas plantas adultas irão reproduzir todas as caracte-

rísticas da cultivar selecionada pelos melhoristas. Deverão, ainda, ser indicadas pelas instituições de pesquisas, adaptadas para a região e sistemas de cultivo, registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Registro Nacional de Cultivares (MAPA-RNC), além de atender às características exigidas pelo mercado. Em síntese, a escolha correta da cultivar para um determinado ambiente e sistema de produção é de grande importância para a obtenção de uma boa produtividade e uma semente de alta qualidade.

ÉPOCA DE PLANTIO

É um fator de suma importância dentro do sistema de produção, para se obter bom rendimento. A época do plantio refere-se ao período do ano mais propício para se iniciar o cultivo de um campo de sementes, considerando-se que, ao longo do ciclo das plantas e em cada estágio de desenvolvimento, devam ocorrer condições ambientais favoráveis, pois cada uma das espécies exige determinadas condições para o seu bom desempenho. Assim, a época de plantio é determinada diretamente por fatores hídricos, térmicos e luminosos, além de estar relacionada com a incidência de pragas, doenças e plantas daninhas, fatores que podem interferir na emergência e na produtividade da lavoura.

Tem sido notória a afirmação de que a semeadura fora da época preferencial ou recomendada pela pesquisa causa grandes prejuízos na produção e na qualidade das sementes, em virtude, principalmente, do maior ataque de pragas e doenças. Alguns trabalhos confirmam que a época de semeadura deve ser estabelecida de tal forma que o estágio de maturação das sementes ocorra em condições de temperaturas mais amenas, associadas a baixos índices pluviométricos. Aliados a esses fatores, o fotoperíodo (comprimento do dia favorável a cada planta) também pode influenciar a qualidade fisiológica da semente durante a maturação.

A cultura da soja, por exemplo, é muito sensível à extensão do período de ausência

de luz para a indução floral. Portanto, o efeito típico do fotoperíodo nessa cultura é manifestado pela redução do período compreendido entre a emergência das plântulas e o início do florescimento e, conseqüentemente, do ciclo da cultura. Nessa circunstância ocorrem, também, reduções do porte das plantas, da altura de inserção de primeiras vagens, da área foliar e da produtividade.

A água e a temperatura são outros fatores de grande importância nos processos fisiológicos da planta. Tanto a falta quanto o excesso de umidade são prejudiciais às diferentes espécies. Período chuvoso na colheita dificulta ou impede a sua realização e danifica o produto colhido, podendo reduzir sensivelmente a sua qualidade. Temperaturas fora dos limites (máximos e mínimos) também podem reduzir a produção.

O arroz de terras altas, por exemplo, é uma cultura bastante exigente quanto ao meio ambiente. Seu plantio tardio pode causar elevados prejuízos, devido, principalmente, à ocorrência de escassez de água nas fases de formação da panícula, floração até a fase de enchimento de grãos; à ocorrência de esterilidade das espiguetas, provocada pelas baixas temperaturas durante a floração, além da influência exercida pelo fotoperíodo, devido ao encurtamento do número de dias no ciclo da cultura, causando desde a redução na produtividade até a perda total da produção.

NUTRIÇÃO

A recomendação de fertilizantes para a implantação de culturas destinadas à produção de sementes é geralmente semelhante àquela utilizada para a produção de grãos. Sendo assim, a aplicação racional de fertilizantes exige o conhecimento das exigências nutricionais da cultura e da disponibilidade de nutrientes no solo, a qual deve ser avaliada por meio da realização de análise química.

O fornecimento adequado de nutrientes contribui, de forma significativa, para a otimização da eficiência nutricional, o que

é fundamental para ampliar a produtividade e reduzir o custo de produção. Vários fatores, como clima, solo e planta e suas interações, afetam a absorção e a utilização de nutrientes pelas plantas. Isso pode refletir de maneira significativa sobre a formação, o desenvolvimento, a produção e a qualidade das sementes, por afetar principalmente a formação do embrião e dos órgãos de acúmulo de reservas, com conseqüente reflexo no vigor da plântula originária.

Dentre os fatores climáticos, a temperatura e o suprimento de água, além da disponibilidade de nutrientes, destacam-se como limitantes e afetam esse vigor, já que o desenvolvimento normal da semente e o acúmulo de reservas são diretamente influenciados por eles.

Aliados a esses fatores, a fertilidade do solo pode também influenciar na composição química das plantas e das sementes em desenvolvimento, principalmente com referência aos elementos nitrogênio, fósforo e potássio. O nitrogênio é um nutriente importante para o desenvolvimento das plantas, porém, quando aplicado em excesso, provoca exagerado crescimento vegetativo, prejudicando a frutificação. O fósforo é outro nutriente que age, principalmente na frutificação, podendo sua deficiência causar o chochamento das sementes. Já o potássio é um nutriente importante para os vários processos fisiológicos e bioquímicos das plantas, os quais determinam a produtividade das culturas, com ênfase na floração, onde se torna indispensável para formação das sementes.

SEMEADURA

Alguns fatores devem ser observados, quando da utilização das semeadoras e das plantadoras, para obtenção de um bom plantio e preservação da pureza varietal dos campos de sementes. Nesse sentido e para que não haja problemas, esses equipamentos necessitam estar previamente regulados e com seus depósitos e condutos limpos, a fim de evitar mistura de sementes de espécies e/ou cultivares diferentes. A regulação adequada é muito importante

para se obter eficiência no trabalho de semeadura. Ela permite que as sementes sejam distribuídas uniformemente nos sulcos de plantio, a uma profundidade correta, evitando falhas na emergência das plântulas, além de minimizar os danos mecânicos provocados às sementes.

Outro fator importante a ser considerado é a velocidade de deslocamento das semeadoras e das plantadoras, que pode influenciar na distribuição e nos danos causados às sementes, especialmente nos dosadores mecânicos (não pneumáticos). A velocidade ideal de deslocamento é dependente da espécie e da uniformidade do terreno.

PRÁTICAS CULTURAIS

Controle de plantas daninhas

As plantas daninhas constituem um sério problema para a produção agrícola, devido ao alto grau de interferência que exercem sobre as culturas. Além de serem agressivas, elas servem como hospedeiras de pragas e doenças e competem com as culturas por fatores imprescindíveis à expressão de seu potencial produtivo, tais como a luz solar, a água e os nutrientes minerais. Podem ainda, dependendo do nível de infestação, da espécie, da densidade e da sua distribuição na lavoura, dificultar a operação de colheita e comprometer a produção de sementes, tanto quantitativa como qualitativamente. Nesse contexto, seu controle torna-se um ponto fundamentalmente necessário.

O controle de plantas daninhas consiste na adoção de certas práticas que resultam na eliminação da infestação dessas invasoras, principalmente, durante o período mais crítico de competição, que, em geral, para culturas anuais, situa-se entre 45 e 50 dias após a emergência.

O controle químico pelo emprego de herbicidas tem sido um dos métodos mais utilizados na produção de sementes, devido à maior praticidade e à grande eficiência. Por tratar-se de um método que envolve o uso de produtos químicos, é importante ter

o máximo de informação possível sobre o produto a ser aplicado, principalmente para atender a requisitos fundamentais como máxima eficiência com custos reduzidos e mínimo impacto ambiental.

Entretanto, após o período de eficiência do herbicida, outras plantas daninhas poderão reinfestar a lavoura, sendo necessária a erradicação, especialmente daquelas espécies que possuem sementes semelhantes às da cultivar plantada e às de difícil separação durante o beneficiamento. Nesse sentido, a adoção de práticas adequadas de manejo das plantas daninhas, certamente contribuirá para garantir a produtividade e a qualidade das sementes produzidas.

Controle de pragas e doenças

É necessário o controle de pragas e de doenças, para a produção de sementes de alta qualidade.

Tratando-se de pragas, a ação de insetos, aves e até mesmo roedores é extremamente prejudicial à produção de sementes. As pragas atacam os campos nas suas diferentes fases de desenvolvimento, causando danos consideráveis à produção e à produtividade, comprometendo o produto final e, conseqüentemente, trazendo prejuízos para os produtores.

Monitorar a presença dessas e de outras pragas nos campos, por meio de vistoria das plantas, é uma atividade obrigatória, para que o produtor saiba quando fazer o controle e que o faça de modo que promova o equilíbrio ecológico de todo o sistema de produção. Contudo, existe uma preocupação em utilizar agrotóxicos apenas quando realmente for necessário, ou seja, quando a população desses organismos atingir um nível de dano econômico (em que as perdas de produção gerem prejuízos econômicos significativos), diminuindo, assim, a contaminação do ambiente com os produtos aplicados.

Na escolha do produto químico que melhor irá controlar a praga, o produtor deve levar em consideração a toxicidade, o efeito sobre inimigos naturais e o custo por

hectare. Atentar para as doses indicadas, utilizar equipamentos de proteção individual durante o preparo e aplicação dos defensivos e dar o destino correto às embalagens, conforme legislação vigente. O produtor de sementes deverá, ainda, utilizar inseticidas devidamente registrados no MAPA, para a cultura específica e para a praga-alvo que deseja controlar.

Outro fator que limita a produtividade e a obtenção de sementes de alta qualidade é a ocorrência de doenças, as quais podem ser transmitidas pelas próprias sementes.

A incidência e a severidade das doenças dependem da ocorrência de patógeno virulento, de ambiente favorável e da suscetibilidade da cultivar. Dessa forma, recomenda-se a máxima prevenção, para que o campo de produção de sementes não seja atacado por doenças causadas por fungos, bactérias, vírus e nematóides, o que poderá vir a comprometer toda a área de produção.

O método eficiente e econômico de controle das doenças baseia-se fundamentalmente em utilizar sementes saudáveis e certificadas, em proteger essas sementes com o emprego de fungicidas antes do plantio, em usar cultivares resistentes, em evitar áreas onde tenha sido comprovada a ocorrência de moléstias em anos anteriores e em instalar os campos de produção em regiões de baixa umidade relativa do ar.

Em síntese, a melhor maneira de controlar pragas e doenças em um campo de sementes é lançar mão da produção integrada, onde se devem conciliar os diversos métodos de controle, levando em consideração o custo de produção, a quantidade e a qualidade do produto final e o impacto causado sobre o ambiente com o uso de agrotóxicos.

TRATOS CULTURAIS

Rogüing

É a prática de examinar cuidadosa e sistematicamente o campo de produção de sementes, com o objetivo de remover manualmente todas as plantas indesejáveis (atípicas). Essa operação é fundamental

para a obtenção de sementes de elevado grau de pureza varietal, genética e física.

Para que o *rogüing* seja bem executado é preciso que o responsável técnico percorra regularmente todo o campo de produção, nas fases de prefloração, floração e colheita, fazendo um exame minucioso e completo das plantas, independente das inspeções feitas pela Entidade Certificadora. Nessa época, o técnico tem a oportunidade de comparar os campos de produção com os padrões de lavoura recomendados oficialmente, observando os requisitos mínimos necessários para sua aprovação.

Essas vistorias, cujos números e épocas de realizações dependem de cada espécie, visam assegurar que os campos não estejam contaminados com plantas de outras espécies e/ou cultivares, plantas doentes e plantas silvestres consideradas proibidas. Caso seja constatada a presença de contaminantes, além dos limites tolerados, esses devem ser eliminados (*rogüing*) do

campo, garantindo, assim, a produção de sementes de boa qualidade (Fig. 1).

MATURAÇÃO DA SEMENTE

O processo de maturação das sementes resulta de alterações morfológicas, fisiológicas e funcionais, como aumento de tamanho, variações no teor de água, vigor e acúmulo de massa seca, que se sucedem desde a fertilização do óvulo até o momento em que as sementes estão maduras. O ponto de maturidade fisiológica é alcançado, quando a semente atinge os valores máximos de massa seca, poder germinativo e vigor, exceção feita àquelas cultivares que apresentam o fenômeno de dormência. Nesse ponto, as sementes desligam-se da planta-mãe, cessa a translocação de fotossintetizados e, a partir daí, ocorrem alterações fisiológicas que levam à secagem das sementes. Entretanto, a partir desse estágio, inicia-se o processo degenerativo, de natureza física, fisiológica ou bioquímica, que é inevitável e irreversível e que



Figura 1 - Campo de produção de sementes de arroz

continua até a semente perder sua capacidade de germinar.

COLHEITA

Dentre os fatores que afetam a qualidade das sementes destaca-se a colheita, aspecto importante no processo produtivo, especialmente por apresentar reflexos diretos no produto colhido. O ponto ideal para sua realização, juntamente com as técnicas empregadas, é fundamental para obtenção de uma semente de alto valor comercial e de suma importância para a minimização das perdas.

As lavouras devem ser colhidas preferencialmente logo após atingirem a maturidade fisiológica, época em que as sementes apresentam-se com umidade favorável para a colheita mecânica, minimizando ao máximo as injúrias causadas a elas (Fig. 2).

Deve-se ter em mente que o retardamento da colheita é um fator prejudicial para a produção de sementes de alta qualidade, pois aquelas que permanecem no

campo após a maturidade fisiológica estão sujeitas a oscilações de temperatura, de umidade, ataque de pragas, de doenças e de animais predadores, com conseqüências danosas à sua qualidade fisiológica (principalmente germinação e vigor) e à sua qualidade sanitária.

A colheita deve ainda ser executada com a máxima cautela, evitando sempre qualquer possibilidade de misturas no campo.

Outro fator determinante a ser considerado na operação de colheita, além da criteriosa regulagem da colhedora é quanto a sua minuciosa limpeza, a fim de prevenir misturas varietais, principalmente quando houver troca de cultivares, evitando, dessa forma, que o lote de sementes venha a ser contaminado. Para complementar esses procedimentos, recomenda-se que ao começar a colheita de uma nova cultivar, os primeiros sacos colhidos sejam descartados, preservando assim a boa qualidade das sementes produzidas.

SECAGEM

A secagem é uma operação de rotina imprescindível para reduzir o excedente de umidade das sementes e preservar a sua qualidade fisiológica, uma vez que, quando colhidas, geralmente apresentam-se com grau de umidade superior àquele indicado para um armazenamento seguro, evitando, assim, a aceleração do processo deteriorativo delas.

O intervalo de tempo que separa o final da colheita do início da secagem deve ser o mais reduzido possível, porque, nessa fase do processo, as sementes com umidade elevada apresentam altas taxas de atividade respiratória e o consumo antecipado de reservas provoca um desgaste fisiológico que, na prática, futuramente refletirá em baixos índices de germinação e vigor.

Atenção especial deve ser dada à operação de secagem, pois, apesar das vantagens que apresenta, ela é uma operação potencialmente danosa à qualidade das



Arquivo EPAMIG

Figura 2 - Colheita de sementes de arroz em um campo de produção

sementes. A secagem depende do correto manejo dos teores de água inicial e final das sementes, da temperatura, da umidade relativa, do fluxo de ar, da taxa de secagem e do período de exposição das sementes ao ar aquecido, fatores esses que mal manuseados levam as sementes a uma rápida perda de vigor e de germinação durante o seu armazenamento. Portanto, a temperatura e o grau de umidade da semente devem ser monitorados periodicamente, até que o nível desejado de umidade seja alcançado.

Deve-se também ter cuidados especiais na inspeção e limpeza de todos os equipamentos destinados à secagem antes da entrada das sementes, para evitar que haja contaminação com outras espécies ou cultivares, preservando, assim, a qualidade das sementes colhidas.

BENEFICIAMENTO

As sementes, depois de retiradas do campo, apresentam-se misturadas a materiais indesejáveis, tais como palhas, terra, pedaços de outras plantas, sementes de plantas daninhas e de outras espécies cultivadas, que devem ser removidos, necessitando com isso ser submetidas ao beneficiamento. Esse processamento, que constitui parte essencial dentre as diversas etapas de produção das sementes, é um conjunto de operações que se estende desde a colheita até o armazenamento e que visa fundamentalmente separar, retirar as impurezas e classificar as sementes, deixando-as puras para a semeadura e/ou comercialização.

Para se realizar o beneficiamento, lança-se mão de diferenças nas características físicas entre a boa semente e a impureza a ser retirada. Para tanto, as sementes podem passar por uma série de etapas, tais como pré-limpeza, limpeza e classificação, nas quais são utilizadas máquinas, cujo princípio da operação baseia-se em uma ou mais características físicas. Essas diferenças devem ser tais, que permitam uma separação com razoável eficiência.

De maneira geral, o beneficiamento representa a etapa final na qual o lote de sementes adquire a qualidade física e/ou fisiológica que possibilita o seu enquadramento em padrões preestabelecidos.

TRATAMENTO

O tratamento químico de sementes logo após o beneficiamento, tem como objetivo preservar a qualidade delas e protegê-las contra ataques de fungos e insetos durante o armazenamento, os quais contribuem de maneira acentuada para o aumento da velocidade e da intensidade do processo deteriorativo das sementes.

A principal finalidade do tratamento com fungicidas é diminuir a ação de agentes patogênicos que se associam às sementes nas diversas fases de produção. Visa, ainda, proteger as sementes contra ataques de microrganismos do solo, por ocasião do seu plantio, além de controlar fungos relacionados com a deterioração durante o armazenamento.

Entretanto, deve-se lembrar que esta é uma operação altamente especializada, pois exige cuidados especiais na aplicação dos produtos químicos e que, devido à grande incerteza quanto ao comportamento do mercado brasileiro de sementes, o tratamento fungicida antecipado ao armazenamento traz o inconveniente de as sementes tratadas não poderem ser comercializadas e destinadas à indústria e ao consumo.

EMBALAGEM

Depois de tratadas, as sementes devem ser acondicionadas em sacarias apropriadas para cada uma das espécies. O tipo de embalagem para o acondicionamento, além de exercer importante influência sobre a longevidade das sementes a serem armazenadas, deve apresentar resistência à tensão e ruptura para suportarem as condições de manejo e transporte, bem como proteção contra insetos, roedores e trocas de vapor d'água com a atmosfera. A durabilidade, a flexibilidade ou rigidez, as facilidades para impressão ou rotulagem, também são fato-

res que devem ser considerados na escolha da embalagem.

Atualmente, com o avanço das técnicas de *marketing*, as sementes vêm sendo comercializadas em embalagens de diversos tamanhos. No entanto, outras funções da embalagem vão-se ajustando, conforme ocorrem os avanços científicos, tecnológicos e comerciais. Nesse sentido, o avanço de colocar-se o número de sementes por embalagem merece um destaque especial, uma vez que a semeadura é realizada levando-se em conta o número de sementes por metro linear e não por peso. Essa prática tem sido facilitada pela classificação das sementes, que uniformiza seu tamanho, gerando uma menor amplitude de variação no peso de mil sementes do lote, proporcionando uma maior confiabilidade ao processo.

Concluindo, todo o manejo das embalagens deve ser cuidadoso para evitar principalmente os danos mecânicos causados por pressões e impactos, já que a conservação das sementes é uma tarefa complexa e que exige cuidados para que suas qualidades não sejam alteradas ou deterioradas.

ARMAZENAMENTO

Depois das operações de beneficiamento, tratamento e embalagem, as sementes são destinadas ao armazenamento, onde permanecem até a ocasião apropriada para a semeadura e/ou comercialização.

O objetivo principal do armazenamento é preservar as qualidades das sementes, reduzindo ao mínimo o seu processo de deterioração, o qual pode ser mais rápido ou mais lento, dependendo das características ambientais e as da própria semente. Nesse sentido, para reduzir a velocidade e a intensidade de deterioração de determinadas sementes é necessário armazená-las adequadamente, utilizando-se local seco, seguro, passível de aeração e de fácil combate a roedores, insetos e microrganismos.

O armazenamento, quando feito de modo correto, pode trazer vantagens para o produtor, pois dessa forma pode-se aguardar a época mais propícia para sua comer-

cialização, obtendo maiores lucros com a venda de seu produto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de sementes é um processo com diversas fases, que incluem a pesquisa e o melhoramento, a certificação, a produção, a manutenção depois da colheita e, se as sementes destinarem-se à venda, a comercialização.

Dentre os fatores que influenciam a qualidade das sementes, merecem destaque as características das cultivares, as condições edafoclimáticas, de manejo e de desenvolvimento da cultura, a época e as condições de colheita, o método e o sistema de secagem, as operações de beneficiamento, o sistema de armazenamento e os métodos de conservação.

Com a visão voltada para o exigente mercado, as empresas de sementes requerem cada vez mais ferramentas de gestão para melhor satisfazerem seus clientes e manterem-se no negócio. Nesse contexto, para obter sucesso na produção de sementes, há necessidade de utilizar algumas estratégias, entre as quais destaca-se o bom planejamento, que está vinculado ao sistema de produção projetado em função do mercado que se deseja atender.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2.ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 5.153, de 23 de julho de 2004. Aprova o Regulamento da Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas – SNSM, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 26 jul. 2004. Seção 1, p.6. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 24 jan. 2006.

_____. Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 6 ago. 2003. Seção 1, p.1. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 24 jan. 2006.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

COPELAND, L. O.; MCDONALD, M.B. **Seeds science and technology**. Boston: Kluwer Academic, 1995. 409 p.

HARRINGTON, J.F. Seed storage and longevity.

In: KOZLOWSKI, T.T. **Seed biology**. New York: Academic Press, 1972. v.3, p.145-245.

MENTEN, J.O.M. Situação dos padrões de sanidade de sementes. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v.23, n.1, p.86-89, jan./mar. 1997.

NEERGAARD, P. **Seed pathology**. 2. ed. London: MacMillan Press, 1979. v.2, 1191p.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília: PAX, 1985. 289p.

TOLEDO, F.F.; MARCOS FILHO, J. **Manual de sementes: tecnologia da produção**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1977. 224p.

VAUGHAN, C.E.; GREGG, B.R.; DELOUCHE, J.C. **Beneficiamento e manuseio de sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura/AGIPLAN, 1976. 195p.

VILLELA, F.A.; PERES, W.B. Coleta, beneficiamento e armazenamento. In: FERREIRA, A, G; BORGUETTI, F. (Ed.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.265-281.

ZORATO, M.F.; HENNING, A.A. Influência de tratamentos fungicidas antecipados, aplicados em diferentes épocas de armazenamento, sobre a qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.23, n.2, p.236-244, 2001.

Tecnologias para o café

Broca-do-Café
BOLETIM TÉCNICO
ÉPOCA DO CAFÉ
Resistência, Pragas, Manutenção e Controle

Doenças do Cafeeiro
BOLETIM TÉCNICO
DOENÇAS DO CAFEIEIRO
Doenças do Cafeeiro

Mudas de Cafeeiro
BOLETIM TÉCNICO
MUDAS DE CAFEIEIRO
Técnicas de Produção

Bicho-Mineiro do Cafeeiro
BOLETIM TÉCNICO
BICHO-MINEIRO DO CAFEIEIRO
Bicho-Mineiro e Manejo Integrado

Interação entre as Doenças e o Estado Nutricional do Cafeeiro
BOLETIM TÉCNICO
Interação entre as Doenças e o Estado Nutricional do Cafeeiro

Nutrição Mineral, Fertilidade do Solo
BOLETIM TÉCNICO
Nutrição Mineral, Fertilidade do Solo
Nutrição Mineral, Fertilidade do Solo
Nutrição Mineral, Fertilidade do Solo
2ª Edição

Cafés Especiais
Série Documentos
CAFÉ DO BRASIL
CAFÉS ESPECIAIS
Manejo, Produção e Análises de Qualidade

Manejo de Plantas Daninhas no Cafezal
BOLETIM TÉCNICO
MANEJO DE PLANTAS DANINHAS NO CAFEZAL

Pedidos: publicacao@epamig.br
Telefax: (31) 3488 6688

INFORME AGROPECUARIO



Tecnologias para o agronegócio



Assinatura e vendas avulsas

publicacao@epamig.br

(31) 3488-6688

Aspectos fisiológicos de sementes

Renato Mendes Guimarães¹

João Almir Oliveira²

Antônio Rodrigues Vieira³

Resumo - Muitos estudos têm sido desenvolvidos procurando estabelecer metodologias que disponibilizem ao produtor rural, sementes com qualidades físicas, fisiológicas e sanitárias, capazes de proporcionar a formação de estandes perfeitos, já que é evidente a influência desse fator na produtividade das culturas propagadas por meio de sementes. O conhecimento da fisiologia de sementes, considerando os processos da sua formação, suas partes constituintes, sua composição química, os eventos da germinação e dormência, os mecanismos do fenômeno da tolerância à dessecação e da deterioração, constitui base fundamental para o entendimento e desenvolvimento de metodologias para produção, controle de qualidade, secagem, beneficiamento, armazenamento e controle sanitário de sementes. Alguns aspectos básicos da fisiologia de sementes são considerados fundamentais para o entendimento das tecnologias de manejo.

Palavras-chave: Semente. Germinação. Dormência. Dessecação. Deterioração.

INTRODUÇÃO

Semente de qualidade é um componente essencial para o bom desempenho das culturas, considerando que transporta todo o potencial genético da cultivar e é responsável pela perfeita distribuição espacial das plantas no terreno. Além disso, a semente é o principal meio de contaminação das áreas agrícolas por pragas e plantas indesejáveis. Todas essas considerações justificam a importância do estudo da fisiologia de sementes, uma vez que é pelo conhecimento da formação, constituição e eventos fisiológicos específicos desse organismo, que será possível produzir, beneficiar, armazenar e, enfim, fornecer ao produtor rural um insumo básico com qualidade exigida tanto pela agricultura, quanto pelo consumidor. Neste artigo são abordados aspectos básicos e importantes para o entendimento da fisiologia das semen-

tes e, conseqüentemente, das tecnologias necessárias ao bom manejo e utilização delas.

FORMAÇÃO E DESENVOLVIMENTO

O processo complexo que envolve a gametogênese, a polinização, a fertilização, o posterior desenvolvimento e dispersão da semente e, finalmente, o complexo latência/germinação, representa a seqüência geral de eventos que governam os mecanismos básicos para a preservação das espécies vegetais, assumindo a responsabilidade de garantir a sobrevivência e a continuidade das gerações. Dessa forma, o desenvolvimento de procedimentos eficientes para produção, processamento e avaliação da qualidade das sementes pode ser concretizado, se estiver apoiado em conhecimentos sobre a formação e os pro-

cessos vitais delas, os fatores que as afetam e suas relações com o seu desempenho após a sementeira e durante o armazenamento. Além disso, o estudo detalhado da morfologia e anatomia das sementes e plântulas é de extrema importância, pois, além de contribuir para a identificação das espécies, caracterizando famílias e gêneros de acordo com suas estruturas, é também fundamental para o exame das plântulas em análises de germinação e vigor, para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes.

O processo de reprodução de plantas começa com a transição da fase vegetativa para a fase reprodutiva, quando ocorre alteração da atividade das gemas apicais. A iniciação do desenvolvimento floral é um fenômeno que depende da idade da planta, das condições de ambiente, do acúmulo de fotossintatos e de outros fatores

¹Eng^o Agr^o, D.Sc., Prof. Adj. UFLA - Dep^o Agricultura, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: rentomg@ufla.br

²Biólogo, D.Sc., Prof. Adj. UFLA - Dep^o Agricultura, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: jalmir@ufla.br

³Eng^o Agr^o, D.Sc., Pesq. EPAMIG-CTSM, Caixa Postal 176, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: arvieira@epamig.ufla.br

específicos. Dessa forma, o conhecimento da fisiologia do florescimento e de suas relações com a formação da semente permite estabelecer bases para a adoção de procedimentos que favorecem a produção de sementes de alta qualidade. O estágio de formação dos gametas é uma etapa muito importante para as espécies alógamas, especificamente na produção de híbrido, que necessita de um sincronismo da maturação dos gametas masculinos e femininos, para que ocorra a fecundação e o desenvolvimento das sementes. Os gametas masculinos são desenvolvidos nas anteras e denominam-se microsporos e os gametas femininos desenvolvem-se no saco embrionário e são denominados macrosporos.

A polinização corresponde ao deslocamento do gameta masculino (grão de pólen) até o estigma do gameta feminino. O conhecimento do tipo e dos agentes polinizadores de cada espécie é importante, para estabelecer bases para a produção de sementes, não só para garantir quantidades, mas para preservar a pureza genética especialmente em plantas alógamas. Fertilização ou singamia pode ocorrer, quando os gametas masculino e feminino estão completamente maduros. Isto ocorre em um processo de fusão conhecido como dupla fertilização. Portanto, quando o grão de pólen alcança o estigma, aderem a sua superfície, graças às características da exina, absorve o líquido estigmático e germina para formação do tubo polínico que se desenvolve no interior do estilete até alcançar o ovário. A fecundação do óvulo inicia-se pela ruptura do tubo polínico. Assim que alcança o saco embrionário deposita dois núcleos reprodutivos. Um unir-se-á ao núcleo da oosfera (singamia), para formar o ovo ou zigoto (2n) e o outro, aos dois núcleos polares do saco embrionário para formar o núcleo do endosperma (3n), caracterizando a dupla fertilização, típica das angiospermas.

O processo de fertilização é importante não só porque resulta na formação da semente, mas também porque comanda o nível de diversidade genética presente no zigoto.

Após a fusão sexual, ou singamia, ocorre um breve período de reorganização, durante o qual um grande vacúolo adjacente ao zigoto gradualmente desaparece, o citoplasma do zigoto torna-se mais homogêneo e o núcleo mais volumoso. A divisão celular do zigoto só inicia quando uma pequena parte do endosperma é formada, e a duração desse período varia entre as espécies, normalmente de quatro a seis horas.

As primeiras divisões celulares do zigoto são quase sempre transversais e resulta na formação de duas células: a mais próxima da micrópila é a célula basal, e a voltada para o centro do saco embrionário, a célula terminal. Essas duas células participam de maneira diferente na formação das partes do embrião maduro que, por sua vez, originarão a parte aérea e o sistema radicular da futura planta. A célula basal sofre uma série de divisões mitóticas para formar um tecido multicelular conhecido como suspensor ligado ao proembrião. Já a célula terminal da primeira divisão, após sucessivas divisões, dá origem ao embrião. O primeiro estágio do embrião é conhecido como proembrião, cuja fase especificamente em dicotiledôneas passa por quatro estádios distintos: globular, em forma de clava, torpeda e maduro, é caracterizado pelo número de divisões mitóticas que produz uma esfera de células aparentemente não diferenciada. O estágio em forma de clava é marcado pela formação de duas extensões laterais multicelulares que irão formar os cotilédones. O estágio de torpeda é assim chamado, porque o eixo embrionário (eixo hipocótilo/radícula) é iniciado e alongado conjuntamente com o desenvolvimento dos cotilédones para produzir o proembrião, assemelhando-se a um torpeda. Nesse estágio as diferenciações vasculares no proembrião são aparentes.

Partes da semente

As sementes das angiospermas são formadas basicamente pelo tegumento e embrião (cotilédone(s) + eixo embrionário), e um terceiro componente denominado endosperma, às vezes ausente. No entan-

to, do ponto de vista funcional, as sementes são constituídas por casca (cobertura protetora), tecido de reserva (endospermatóico ou cotiledonar, ou perispermático) e tecido meristemático (eixo embrionário), cada parte apresentando funções específicas (Fig. 1 e 2).

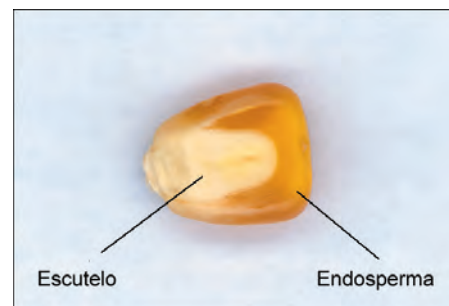


Figura 1 - Partes externas de uma semente de milho

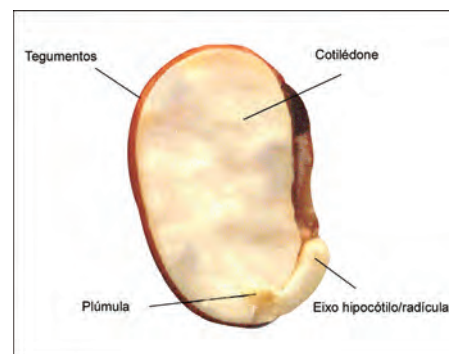


Figura 2 - Partes de uma semente de feijão

Cobertura protetora

É a estrutura externa que delimita a semente. Pode consistir apenas do tegumento e, em alguns casos, também do pericarpo. O tegumento é uma cobertura constituída por camadas celulares originárias dos integumentos ovulares. O pericarpo é originário da parede do ovário. Em alguns casos, desenvolve-se intimamente ligado ao tegumento, sendo impossível identificar qualquer ponto delimitante, como no caso das sementes de várias gramíneas. No estudo da morfologia externa das sementes, os tipos de apêndices encontrados no tegumento podem ser de grande importância na identificação das sementes de diversas espécies vegetais. Algumas vezes, têm origem nos tecidos da testa, em outras, no

tégmen ou tecidos mais profundos. Exemplo de apêndices: micrópila, hilo, rafe, calaza, alas, pêlos ou tricomas, arilos, estrofilo. As funções do tegumento podem ser descritas das seguintes formas:

- a) manter unidas as partes internas da semente;
- b) proteger os tecidos meristemático e de reserva contra choques e abrasões;
- c) servir de barreira à entrada de microrganismos e insetos;
- d) regular a velocidade de hidratação da semente, diminuindo ou evitando possíveis danos causados pelas pressões desenvolvidas durante a embebição;
- e) regular a velocidade de trocas gasosas entre a semente e o meio (oxigênio e gás carbônico);
- f) regular a germinação, pelo mecanismo de dormência, em certas condições, para determinadas espécies.

Tecido de reserva

O eixo embrionário depende de uma fonte de energia e de substâncias orgânicas para a elaboração de novas paredes celulares, citoplasma e núcleos, desde o início da germinação até que a plântula se torne autotrófica, ou seja, capaz de sintetizar matérias orgânicas pelo processo de fotossíntese. Essa fonte é o tecido de reserva que atua como reservatório e como fornecedor de compostos orgânicos em forma simples, para que possa ser utilizado pelo eixo embrionário. As reservas da semente podem localizar-se nos cotilédones, endosperma ou no perisperma:

- a) cotilédones: os cotilédones originam-se do próprio zigoto e fazem parte do embrião. Em muitas espécies, o embrião desenvolve-se bastante, absorvendo todo o endosperma e acumulando substâncias de reserva nos cotilédones. Nesses casos, os cotilédones apresentam-se volumosos. Como não possuem endos-

perma, as sementes dessas espécies são chamadas exalbuminosas. Em alguns casos, apesar do grande desenvolvimento dos cotilédones, pode permanecer nas sementes maduras, remanescentes do endosperma, como exemplo em sementes de alfafa;

- b) endosperma: no núcleo do endosperma primário formado pela fusão de um esperma com os dois núcleos polares ou com o núcleo secundário, inicia-se um processo contínuo de divisões que culmina com a formação do endosperma. O endosperma é o tecido interno da semente que desempenha dupla função: a de acumular reservas alimentícias e a de translocação destes materiais. É um tecido triploide nas angiospermas, denominado endosperma secundário, para diferenciá-lo do endosperma primário das gimnospermas, que não originam de fecundação. A função do endosperma é nutrir o embrião durante o seu desenvolvimento, podendo ser ou não completamente absorvido. As sementes maduras desprovidas de endosperma são denominadas exalbuminosas, e aquela com endosperma são chamadas albuminosas. Na maioria das sementes albuminosas, o embrião é pequeno em relação ao endosperma e é por este circundado;

- c) perisperma: o perisperma desenvolve-se de partes da nucela, quando esta não é completamente absorvida durante a formação do embrião. O perisperma é comumente encontrado como tecido de reserva nas sementes das Chenopodiáceas, denominadas perispermicas.

Embrião

As partes do embrião são: eixo embrionário e um ou mais cotilédones. O eixo embrionário é a parte vital do embrião que possui capacidade de crescimento, por possuir tecidos meristemáticos com capacidade de divisão celular. É um eixo por

que inicia o crescimento em duas direções: para as raízes e para o caule. Os cotilédones, ao contrário do eixo embrionário, não têm capacidade de crescimento e podem apresentar funções de reserva de nutrientes; síntese (fotossíntese) ou ainda como haustório. Em algumas espécies de plantas, o embrião maduro apresenta pequena ou nenhuma diferenciação. Nesses embriões não é possível distinguir-se um verdadeiro eixo embrionário e cotilédones, sendo estes resumidos a uma massa de células. No entanto, em outras plantas, o embrião maduro possui, mais ou menos desenvolvidos, conforme a espécie a que pertence, todos os órgãos primordiais da futura planta. O eixo embrionário das dicotiledôneas é dividido em duas partes: uma acima do nó cotiledonar e outra abaixo dele. O nó cotiledonar é o ponto do eixo onde se prendem os dois cotilédones. A porção do eixo embrionário abaixo do nó cotiledonar é denominada hipocótilo e na extremidade do hipocótilo encontra-se a radícula, que originará a raiz primária da nova planta. Muitas vezes é difícil visualizar externamente o limite entre o hipocótilo e a radícula, por isso o eixo embrionário abaixo do nó hipocotiledonar é denominado eixo hipocótilo-radícula. A porção do eixo embrionário acima do nó cotiledonar é designada epicótilo. Na extremidade do epicótilo existe a gema apical, que originará a futura parte aérea da planta. Frequentemente, encontram-se folhas já diferenciadas no embrião, as quais se prendem ao epicótilo em um nó situado pouco abaixo da gema apical. São as folhas primárias. Ao conjunto da gema apical mais as folhas primárias denomina-se plúmula. O eixo embrionário de monocotiledônea é composto por um hipocótilo e um epicótilo. Nas monocotiledôneas o hipocótilo é geralmente curto, com 1mm ou menos de comprimento. Na maioria das monocotiledôneas, o hipocótilo é descrito como lateral ou oblíquo, pela posição que assume em relação ao cotilédone. O epicótilo é geralmente pouco evidente no eixo embrionário das monocotiledôneas, até o momento da germinação, sendo mais

desenvolvido nas sementes que apresentam germinação epigea. Já o eixo embrionário das poaceas é mais complexo que o das outras monocotiledôneas. Geralmente, o eixo embrionário prende-se lateralmente ao único cotilédono, por uma região mais ou menos extensa, denominada mesocótilo. Abaixo do mesocótilo pode-se distinguir uma radícula que se encontra coberta por uma bainha denominada coleoriza. Na região acima do mesocótilo aparece a plúmula, que é o conjunto de gema apical e folhas primárias. Essa região é recoberta por uma bainha, o coleóptilo. Essa bainha protege a plúmula do atrito direto com o solo ao emergir.

Os cotilédones são as primeiras folhas embrionárias e variam em número, conforme a espécie, e não são folhas verdadeiras. Nas angiospermas, elas podem existir em número de um ou dois, dividindo as plantas em mono e dicotiledôneas. De maneira geral, os cotilédones podem ter três funções:

- produzir nutrientes para o desenvolvimento da plântula até que as folhas verdadeiras se encarreguem de fazê-lo;
- armazenar alimento, o qual é usado para nutrir a plântula em desenvolvimento em seus primeiros estádios;
- absorver alimentos de outros tecidos de reserva como o endosperma e perisperma.

No primeiro caso, os cotilédones são finos, de tamanho médio a grande e são parecidos com as folhas verdadeiras, por causa da presença de clorofila, que os torna capazes de sintetizar alimentos. Tais cotilédones denominados produtores sempre emergem acima do solo e tornam-se verdes. Esse tipo de germinação é a epigea. Os cotilédones que servem de alimento são grossos e carnosos e não se parecem com folhas verdadeiras. Podem ser epigeos ou hipógeos. Os hipógeos permanecem embaixo do solo por semanas ou meses, enquanto o resto da plântula continua o seu desenvolvimento. Os epigeos emergem aderidos ao hipocótilo e tornam-se esverdeados e

podem fotossintetizar, mas são cotilédones de reserva, como exemplo temos o feijão. Em alguns casos, como nas poáceas, os cotilédones funcionam como absorvedores de reservas do endosperma e são chamados haustórios.

GERMINAÇÃO

A germinação da semente envolve numerosos eventos fisiológicos, tais como a hidratação protéica, mudanças estruturais subcelulares, respiração, síntese de macromoléculas e alongação celular. Inicia-se com a retomada das atividades paralisadas na maturação e termina na protrusão da radícula, sendo necessário, para isso, que as sementes estejam viáveis, não-dormentes e em condições ambientais favoráveis. O processo de germinação é frequentemente estudado por meio de um padrão de embebição trifásico (Gráfico 1) proposto por Bewley e Black (1994). Esse padrão da embebição de água pelas sementes ao longo do tempo representa mudanças bem definidas na velocidade de germinação, que coincide ou marca de forma didática as fases de transformações fisiológicas características do processo de germinação.

Fase I – embebição

A semente seca apresenta atividade metabólica muito baixa. A reativação do

metabolismo somente inicia com a embebição. A entrada de água é primeiramente determinada pela diferença entre o potencial hídrico da semente e do meio onde ela se encontra. Esse potencial hídrico pode ser expresso pela seguinte fórmula:

$$\varnothing_{\text{semente}} = \varnothing_{\delta} + \varnothing_{m} + \varnothing_{p}$$

em que:

\varnothing_{δ} = potencial osmótico;

\varnothing_{m} = potencial matricial;

\varnothing_{p} = potencial de pressão ou turgor.

Assim, o potencial hídrico da célula na semente é determinado por três componentes:

- potencial osmótico: depende do número de moléculas dissolvidas na célula. Essa concentração de solutos influencia a entrada de água. Quanto mais alta a concentração de solutos, menor é o potencial hídrico e maior é o gradiente de energia que promove a entrada de água. Assim, a atividade hidrolítica durante a germinação é diretamente proporcional ao potencial osmótico;
- potencial matricial: é determinado pela capacidade de certas estruturas da semente para ligar água. Essas estruturas podem ser paredes e membranas celulares ou corpos protéi-

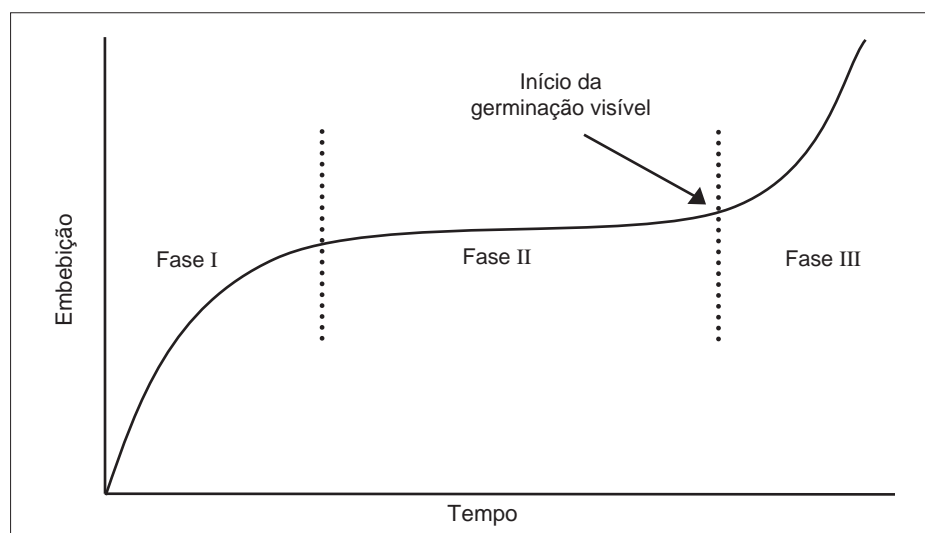


Gráfico 1 - Fases da germinação de sementes em função do teor de umidade
FONTE: Bewley e Black (1994).

cos. Os valores de potencial osmótico e matricial são sempre negativos e representam força de sucção de água do substrato;

- c) potencial de pressão: é gerado pela expansão celular, devido à entrada de água. Essa expansão recebe uma pressão das paredes celulares opostas às duas outras e é, portanto, maior que zero, então positiva. A soma dos três termos, ou seja, o potencial hídrico da semente é negativo, exceto quando a célula está completamente intumescida, neste caso o Δ semente = 0.

Durante a fase I, a entrada de água na semente é determinada principalmente pelo potencial matricial extremamente baixo na semente seca. Essa elevada pressão matricial é resultado da perda da maioria da água ligada durante o período de secagem na planta-mãe e subsequente secagem de pós-colheita. A entrada de água é dependente estritamente de componentes físicos e ocorre tanto em sementes mortas como vivas, dormentes e não-dormentes, exceto quando a dormência for devida à impermeabilidade do tegumento. Nem todos os componentes da semente embebem-se de maneira semelhante. Os mais importantes componentes da embebição são as proteínas e também as mucilagens que rodeiam a testa, celulose (parede celular) e pectinas que absorvem água. A taxa e o volume de água absorvida estão em função da composição química da semente. Os primeiros sinais de reativação de meios metabólicos aparecem com o rápido aumento na taxa respiratória. A entrada de oxigênio corre paralelamente com a entrada de água e estabiliza, quando a entrada de água diminui na fase II. O rápido surgimento da atividade respiratória sugere que ao menos uma parte do sistema de enzimas mitocondriais está disponível. O substrato para respiração no início, provavelmente, origina-se de uma pequena fração de componentes com baixo peso molecular, que está presente nas sementes junto com o material de reserva,

já que a mobilização de reservas não inicia antes da fase III de embebição. Bioquimicamente, a fase I caracteriza-se pelo início da degradação das substâncias de reserva. Essas substâncias (carboidratos, proteínas e lipídios) deverão nutrir o crescimento do eixo embrionário até o ponto em que a plântula resultante seja capaz de fotossintetizar e retirar do solo os nutrientes. Essencialmente, esta é a fase em que as substâncias de reserva são desdobradas em substâncias de menor tamanho, que permita um transporte mais fácil.

Fase II - preparação para o crescimento

Na fase II, a mais longa, a semente pára de absorver água e ocorre o transporte das substâncias que foram quebradas na fase I, além do aumento na taxa respiratória da semente de maneira lenta. No entanto, o eixo embrionário não consegue crescer, de sorte que, nesta fase, de uma amostra de sementes postas para germinar, não foi observada nenhuma com o eixo embrionário visivelmente emergido de seu interior. A rápida reativação da atividade respiratória durante a embebição mostra que algumas enzimas mitocondriais e citoplasmáticas envolvidas na respiração sobreviveram no período seco e foram simplesmente reativadas pela hidratação. Entretanto, essa reativação tem sido seguida por rápida síntese de novo das enzimas que são envolvidas na germinação. Inicialmente, a síntese de proteínas depende do mRNA que foi formado durante o desenvolvimento e permaneceu no período seco, embora substancial parte das enzimas da germinação seja sintetizada por meio de mRNA, que é formado durante a fase II. Na fase de preparação não há síntese de DNA. Esta não começa antes do início do crescimento do embrião e divisão celular visível. Os processos metabólicos da fase de indução servem para propósitos diferentes. Assim, o suprimento primário de energia vem através da glicólise, ciclo do ácido cítrico e cadeia transportadora de elétrons, visando à produção de trifosfato de adenosina (ATP).

Além disso, as sementes podem ter a via das pentoses fosfato ativa, a qual é especialmente usada para a formação de nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato (NADPH), que facilita todo tipo de vias sintéticas e a formação das pentoses como precursores de ácidos nucleicos. Uma parte do processo sintético visa à reparação de danos causados durante o período seco, principalmente com relação à recuperação de membranas e proteínas. Após todos os processos metabólicos e sintéticos iniciados, a indução do crescimento começa. Esta é a fase em que, aparentemente, está ocorrendo um transporte ativo das substâncias desdobradas na fase anterior, do tecido de reserva para o tecido meristemático. O eixo embrionário, contudo, não obstante de estar recebendo algum nutriente, ainda não consegue crescer. Outra característica dessa fase é que, praticamente, pára de absorver água, sendo os aumentos no conteúdo de umidade muito pequenos, à medida que o tempo passa. As sementes mortas e dormentes não vão além dessa fase.

Fase III - crescimento e desenvolvimento

O início de crescimento levará rapidamente à germinação visível e, conseqüentemente, à retomada da velocidade de embebição, em sementes com embrião maduro. Nesta fase, a semente volta a absorver água e a respirar intensamente, quando ocorre o início do crescimento visível do eixo embrionário. Em nível bioquímico, o que caracteriza a semente é que as substâncias desdobradas na fase I e transportadas na fase II são reorganizadas em substâncias complexas, para formar o citoplasma, protoplasma e paredes celulares, o que, em última análise, permite o crescimento do eixo embrionário.

Fatores que afetam a germinação

Dentre os principais fatores que afetam a germinação podem-se citar: a luz, a temperatura, a disponibilidade de água e o oxigênio.

Água

As sementes perdem grande quantidade de umidade antes de se libertarem da planta-mãe e, com isso, as atividades metabólicas permanecem quase que completamente suspensas. A primeira condição para a germinação de uma semente viável e não-dormente é a disponibilidade de água para a sua reidratação e conseqüente restabelecimento de condições para os reparos estruturais de componentes estabilizados e estruturados pela água, bem como, para o restabelecimento do metabolismo normal das células. Para que a germinação ocorra, há um teor mínimo de umidade que a semente deve atingir, e esse teor varia conforme a espécie. No Quadro 1, encontram-se os teores mínimos de água que as sementes de algumas espécies devem atingir, para que a sua germinação ocorra.

Temperatura

Não havendo outros fatores limitantes, a germinação ocorre dentro de certos limites de temperatura, cujos extremos dependem principalmente da espécie cultivada. Para as sementes de todas as espécies de plantas, a influência da temperatura pode ser relatada da seguinte maneira:

- a) temperatura mínima: é aquela abaixo da qual não há germinação visível, em período razoável;

b) temperatura máxima: é aquela acima da qual não há germinação;

c) temperatura ótima: é aquela na qual o número máximo de sementes germina, no menor período.

De forma geral, a temperatura considerada ótima para a maioria das espécies encontra-se entre 15°C e 30°C. A máxima temperatura varia de 35°C a 40°C, enquanto a mínima, para algumas espécies, aproxima-se do ponto de congelamento, principalmente para aquelas de regiões de clima temperado. O fator temperatura afeta o processo germinativo de três maneiras distintas: sobre o total de germinação; sobre a velocidade de germinação e sobre a uniformidade de germinação. O ótimo para velocidade é sempre mais alto do que para o total de germinação. Esta é uma característica importante desse fator: temperaturas acima da ótima para o total de germinação aceleram a velocidade do processo, mas desorganiza-o, de sorte que o número de sementes que conseguem completá-lo vai caindo rapidamente. Por outro lado, temperaturas abaixo da ótima tendem a reduzir a velocidade do processo, expondo a plântula, por um maior período, a fatores adversos do ambiente, o que ao final do processo pode levar a uma redução do total de germinação.

Oxigênio e CO₂

A germinação, por se tratar de um processo que ocorre em células vivas, necessita de energia, obtida através do processo de oxidação na presença ou na ausência de oxigênio, isto é, a respiração. Em ambos os casos há eliminação de gás carbônico e, no caso da respiração aeróbica, há também absorção de oxigênio. A maioria das espécies necessita de aeração, ou seja, presença de oxigênio para germinar, e o teor de 20% de oxigênio, presente na atmosfera é suficiente, podendo haver um decréscimo na germinação, se sua tensão baixar significativamente daquela considerada normal. O efeito do CO₂ é normalmente contrário ao do oxigênio, pois sementes de muitas espécies não germinam, quando há um

aumento no teor de CO₂ presente em 0,03% na atmosfera.

Luz

Com relação à luz, as sementes podem ser classificadas em três categorias: as fotoblásticas positivas, que apresentam maior capacidade de germinação à luz; as fotoblásticas negativas, que germinam melhor no escuro, e as fotoblásticas neutras, que germinam bem tanto na presença como na ausência de luz. Em geral as plantas cultivadas são fotoblásticas neutras; respostas à luz são encontradas em plantas selvagens, que têm sementes pequenas, que podem ser facilmente sombreadas ou enterradas.

DORMÊNCIA

A dormência de sementes é um processo caracterizado pelo atraso da germinação, quando as sementes mesmo em condições favoráveis (umidade, temperatura, luz e oxigênio) não germinam. Diferentemente da dormência, a quiescência é um estado de inatividade ou descanso característico de uma semente seca, podendo germinar quando as condições são favoráveis para que isso ocorra. O fenômeno de dormência em sementes, que geralmente ocorre após estas atingirem a maturidade fisiológica, advém de uma adaptação da espécie às condições ambientais em que ela se reproduz. É, portanto, um recurso utilizado pelas plantas para germinarem na estação mais propícia ao seu desenvolvimento, buscando por meio disso a perpetuação da espécie. Ao se deparar com esse fenômeno, há necessidade de conhecer como as espécies superam o estado de dormência em condições naturais, a fim de que, por analogia, sejam desenvolvidos tratamentos alternativos para uma germinação rápida e homogênea, quando da utilização agrônômica da espécie.

Considerando a adaptação das espécies aos seus habitats, a dormência é extremamente benéfica, na medida em que:

- a) impede a germinação das sementes até que se instalem condições ambientais propícias;

QUADRO 1 - Teor mínimo de água da semente para que ocorra a germinação

Semente	Teor de água (%)
Algodão (<i>Gossypium hirsutum</i> L.)	50-55
Amendoim (<i>Arachis hypogaea</i> L.)	50-55
Arroz (<i>Oryza sativa</i> L.)	32-35
Aveia (<i>Avena sativa</i> L.)	32-36
Beterraba (<i>Beta vulgaris</i> L.)	31
Mamona (<i>Ricinus communis</i> L.)	32-36
Milho (<i>Zea mays</i> L.)	30,5
Soja (<i>Glycine max</i> L.)	50

FONTE: Delouche (1970 apud POPINIGIS, 1985).

- b) impede a viviparidade. Após a maturação fisiológica, quando ainda estão ligadas à planta-mãe e havendo condições favoráveis, sementes de algumas espécies podem germinar. Por causa da dormência, essa germinação não ocorre, o que evita prejuízos para o homem;
- c) conservação *in situ*. As sementes de determinadas espécies podem permanecer viáveis no solo por décadas, reduzindo assim, a probabilidade de sua extinção. Por outro lado, do ponto de vista agrônomo o fenômeno da dormência geralmente causa alguns transtornos aos agricultores, na medida em que interfere no programa de plantio, devido à germinação lenta e desuniforme; requer, às vezes, longos períodos para superação da dormência; contribui para longevidade de plantas invasoras e ocasiona dificuldade na avaliação da qualidade.

O fenômeno da dormência em sementes pode ser dividido em dormência primária ou natural e dormência secundária ou induzida. Primária ou natural é aquela que se manifesta na fase de maturação das sementes, ou seja, quando as sementes completam seu desenvolvimento. Sempre ocorre nas sementes daquela espécie e é característica dela. Dormência secundária ou induzida é aquela presente em algumas espécies onde, embora as sementes germinem normalmente no momento da dispersão, pode ser instalada, quando as sementes são expostas a fatores desfavoráveis tais como altas temperaturas, luz, falta ou excesso de umidade, restrição de oxigênio e substâncias químicas. Nem sempre este tipo de dormência ocorre, é induzida por uma condição ambiental adversa, de difícil identificação, podendo ocorrer por ocasião da maturação das sementes ou após esta.

Com base nos mecanismos presumivelmente envolvidos, a dormência de sementes pode ser classificada em dois grandes grupos: exógena ou tegumentar e endó-

gena ou embrionária, podendo ocorrer independente uma da outra ou simultaneamente na mesma semente. A dormência exógena ou tegumentar ocorre em sementes onde características de estrutura, incluindo endosperma, tegumento ou parede do fruto, estão relacionadas com a impermeabilidade, ao efeito mecânico e/ou à presença de substâncias inibidoras nos tecidos. A dormência pode-se dividir em física, mecânica e química. A dormência física é causada pela impermeabilidade dos tecidos externos da semente e/ou do fruto, restringindo total ou parcialmente a difusão de água e/ou gases para o embrião. Em geral, a impermeabilidade à água é causada pelo tegumento e/ou endocarpo. Muitas espécies têm sementes com tegumento rígido, compacto, o qual por prevenir a entrada de água, atrasa a germinação por muitos anos. É uma característica de espécies da família das Leguminosas, sendo também muito comum em outras famílias, tais como as Malvaceae, Convolvulaceae, Cannaceae. De modo semelhante, na restrição à difusão de gases, a interferência provocada pelo tegumento, que forma uma barreira à absorção de oxigênio limita a capacidade de trocas gasosas com o embrião, diminuindo, assim, a velocidade de germinação.

Na dormência mecânica, as sementes apresentam o endocarpo ou mesocarpo pétreo, cuja rigidez impede a expansão do embrião. À semelhança da anterior, o tegumento da semente ou alguma estrutura do fruto controla a dormência, porém, neste caso não são impermeáveis a gases ou água, mas sim resistentes ao crescimento do embrião. É mais comum em espécies nas quais a dispersão é de sementes dentro de um fruto duro.

A dormência química é aquela causada pela presença de inibidores na camada externa à semente (tegumento ou fruto). Um exemplo desse tipo de dormência ocorre em sementes recém-colhidas de cultivares de arroz irrigado, em que a presença de compostos fenólicos na casca consome oxigênio, restringindo, assim, a quantidade de O₂ que chega ao embrião.

Em se tratando de dormência endógena ou embrionária, esta ocorre devido a algum bloqueio causado à germinação relacionado ao próprio embrião, mas que, eventualmente, pode envolver tecidos extra-embrionários. Pode ser dividida em dormência fisiológica, morfológica e morfofisiológica. Na dormência fisiológica operam diversos mecanismos, localizados não só no embrião, mas também nos tecidos e nas estruturas adjacentes. Com raras exceções, as sementes com dormência fisiológica geralmente são permeáveis à água. Esse tipo de dormência é determinado por mecanismo inibidor hormonal que impede a emergência da radícula, controlando a transformação de reservas. Pode ocorrer em qualquer tipo de semente, sendo de uma forma mais fraca em hortaliças, plantas daninhas e algumas espécies arbóreas. Dormências mais fortes são encontradas, por exemplo, em sementes de Rosaceae. A dormência morfológica está relacionada com as sementes que são dispersas com o embrião não-diferenciado ou não completamente desenvolvido. Desse modo, o embrião deverá passar por um período de maturação na semente separada da planta-mãe, até adquirir a condição de quiescência. Na dormência morfofisiológica a semente apresenta dupla-dormência (morfológica e fisiológica). Para que a germinação ocorra, é preciso que o embrião atinja um determinado tamanho crítico, variável, conforme a espécie, e que a dormência fisiológica seja quebrada. Nesse caso, a pós-maturação do embrião e a quebra da dormência fisiológica podem ou não ocorrer nas mesmas condições ambientais e ao mesmo tempo ou não.

Processos para superação de dormência das sementes

Os métodos a serem empregados dependem do tipo de dormência presente, conforme descritos a seguir:

- a) **escarificação química:** é um método químico, feito geralmente com ácidos (sulfúrico, clorídrico, etc.), que possibilita as sementes executarem trocas de água e/ou gases com o meio;

- b) **escarificação mecânica:** é a abrasão das sementes sobre uma superfície áspera (lixa, piso áspero, etc.). É utilizado para facilitar a absorção de água pela semente;
- c) **estratificação:** as sementes são colocadas em camadas, num substrato umedecido, à baixa temperatura. É utilizado para auxiliar na maturação do embrião, trocas gasosas e embebição por água nas sementes;
- d) **imersão em água quente:** consiste na imersão de sementes em água com temperatura de 60°C-100°C, durante um período variável com a espécie. Utilizado para facilitar a absorção de água e/ou gases pela semente;
- e) **pré-resfriamento:** as sementes são colocadas em substrato umedecido e levadas para uma câmara previamente regulada com temperatura de 5°C-10°C, permanecendo nesse ambiente por determinado período. Utilizado para superação de dormência fisiológica;
- f) **reguladores de crescimento:** as giberelinas, as citocininas e o etileno são substâncias que exercem um papel primordial na eliminação da dormência fisiológica das sementes. Entre os efeitos dos reguladores de crescimento, estaria o de aumentar o nível endógeno dessas substâncias ou antagonizar o efeito de inibidores no metabolismo embrionário;
- g) **lavagem com água corrente:** deixar as sementes por um certo período sob a água corrente, antes de colocá-las para germinar. A água exerce o papel de agente de lixiviação de inibidores de crescimento presentes na semente;
- h) **secagem prévia:** secagem prévia em câmara seca ou em ambiente a 40°C com circulação de ar, por um período de 5-14 dias (dependendo

da espécie), pode ser utilizada para superar a dormência química de sementes recém-colhidas de várias espécies. Sementes de cultivares irrigadas de arroz, por exemplo, perdem sua dormência de pós-colheita se secadas em estufa de circulação forçada de ar a 40°C, por uma semana;

- i) **exposição à luz:** a luz pode ser considerada um fator de superação da dormência para sementes de algumas espécies fotoblásticas positivas. Como exemplo temos algumas cultivares de alface que só germinam na presença de luz.

TOLERÂNCIA À DESSECAÇÃO

A água é essencial à vida, fundamental nos processos de transporte de nutrientes, nas reações do metabolismo e na transferência de energia química. Para o desempenho destas realizações vitais, a água tem propriedades de um solvente biológico ideal, podendo dar estrutura às células e organelas, além de controlar as atividades metabólicas nas plantas. Por isso, a tolerância à dessecação é uma propriedade não muito comum nos organismos vivos, mas é um potente artifício da natureza para a adaptação das espécies.

Em linhas gerais, um organismo que tem a capacidade de tolerar a dessecação deve ter mecanismos para reparos de possíveis deteriorações advindas da perda de água. Por outro lado, a redução do teor de água nesses organismos diminui drasticamente o seu metabolismo e pode, com isso, aumentar enormemente o seu tempo de vida.

Sementes de algumas espécies tolerantes à dessecação podem permanecer vivas por centenas de anos. Em função da adaptação das espécies nos seus respectivos habitats, as sementes podem responder diferentemente à dessecação e podem ser classificadas em ortodoxas ou recalcitrantes. As sementes ortodoxas (milho, soja e

feijão) são chamadas assim por se enquadrarem na lei do armazenamento, ou seja, dentro de padrões biológicos de quanto menor a temperatura e menor a umidade da semente, maior é a sua longevidade. Por outro lado, sementes recalcitrantes (seringueira, mangueira e cacaueteiro) são aquelas que não se enquadram nessa lei, ou seja, não toleram a dessecação e/ou são suscetíveis a baixas temperaturas, portanto não são longevas.

As sementes ortodoxas toleram a dessecação, porque dispõem de alguns mecanismos de proteção capazes de manter os sistemas de membranas das células, as estruturas das macromoléculas e as substâncias de reserva em condições de readquirirem as suas funções fisiológicas, quando as sementes são reembebidas. Esses mecanismos de proteção contra danos por dessecação têm sido bastante estudados, com o objetivo de estabelecer metodologias para preservar a qualidade de sementes durante o armazenamento e, principalmente, para aumentar a longevidade de sementes recalcitrantes e semi-recalcitrantes.

De maneira geral, as macromoléculas biológicas são estruturadas, ou seja, têm suas formas definidas em meio aquoso e a sua conformação é dada pelo arranjo das cargas da macromolécula e da água. Quando a água é retirada do sistema a tendência é a deformação dessas moléculas e a conseqüente perda de sua funcionalidade. Assim, moléculas de proteínas perdem a sua função enzimática, os ácidos nucléicos perdem as suas funções na síntese de proteínas, e as membranas celulares têm as suas estruturas prejudicadas, perdendo também a função de compartimentar as células.

Em adição, durante o processo de dessecação ou embebição, nos níveis intermediários de umidade, ataques por radicais livres às macromoléculas, principalmente às membranas, são extremamente aumentados. Esse conjunto de danos geralmente leva os organismos dessecados à morte. Entretanto, para que os danos sejam mini-

mizados as sementes ortodoxas são geneticamente adaptadas por meio de alguns mecanismos de proteção à dessecação, entre os quais podem-se destacar como mais importantes:

- a) proteção por defesa antioxidante;
- b) danos celulares causados pela peroxidação de lipídios podem ser reduzidos ou prevenidos por mecanismos protetores, envolvendo enzimas removedoras de radicais livres e de peróxidos. Como exemplo dessas enzimas, são citadas: superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e peroxidase (PO). As superóxidos dismutase são um grupo de metaloenzimas que catalisam a desproporcionalização de radicais superóxidos livres (O_2^-). Estão presentes no citoplasma celular e na matriz mitocondrial. Tem função de catalisar a reação de dismutação de O_2^- para O_2 e H_2O_2 . Essa água oxigenada gera também é tóxica para a semente, devendo ser decomposta. Essa decomposição é realizada, em maior parte, pela catalase e, em menor parte, pela peroxidase. Essa proteção também pode ser realizada por moléculas antioxidantes presentes nas sementes. Os antioxidantes podem ser lipossolúveis, como é o caso de tocoferóis e β -carotenos, ou solúveis em água como o ácido ascórbico. Os tocoferóis e os β -carotenos bloqueiam a peroxidação de lipídeos e o ácido ascórbico age nos tecidos hidrofílicos;
- c) proteção por açúcares: o acúmulo de oligossacarídeos durante a maturação de sementes é associado à aquisição de tolerância à dessecação. Açúcares são substâncias eficientes em estabilizar macromoléculas e membranas durante a dessecação. Açúcares redutores, como glicose, frutose, galactose e maltose estão ausentes ou presentes em baixas quantidades em sementes maduras

e secas. Esses açúcares, especialmente os monossacarídeos, promovem a reação de Maillard e estimulam a respiração, aumentando a formação de radicais livres. Como esses açúcares estão presentes em altas concentrações em tecidos apicais de sementes germinando, seus tecidos tendem a ser mais sensíveis à dessecação. Já os açúcares não redutores, como a sacarose e polissacarídeos, são menos reativos e considerados componentes protetores. A tolerância à dessecação parece ser um processo gradual e a acumulação de sacarose correlaciona-se com estádios iniciais de tolerância à dessecação. Todavia, a sacarose sozinha não é suficiente para conferir tolerância à dessecação. Açúcares como a rafinose e a estaquiase, que muitas vezes servem como material de reserva ou formadores de estado vítreo, também executam um papel na proteção de membranas e proteínas, colocando-se como substitutos da água retirada na dessecação, que estabiliza as macromoléculas, de forma semelhante à dos dissacarídeos. A proporção de oligossacarídeos da família da rafinose e estaquiase é relevante para o mecanismo de tolerância à dessecação de sementes. Essa hipótese é de que oligossacarídeos dessas famílias previnem a cristalização da sacarose durante a desidratação, o que permite a ocorrência de um estado vítreo no citoplasma. A formação desse estado vítreo em uma forma estável e a acentuada interação desses açúcares com a água são características cruciais da tolerância à dessecação e armazenabilidade de sementes;

- d) vitrificação: os mecanismos de proteção contra os danos provocados pela dessecação em sementes não são direcionados somente para membranas e proteínas, mas também para o citoplasma. Se este não tivesse

mecanismos de defesa, a dessecação levaria à cristalização de solutos e proteínas, causando sérios danos às células. A proteção do citoplasma dá-se pela vitrificação ou formação de vidro, que consiste na criação de uma solução líquida de alta viscosidade, que não forma cristais mesmo a baixas temperaturas e é estável em uma ampla faixa de temperatura. Estudos realizados por vários pesquisadores comprovaram que no citoplasma de sementes ortodoxas secas ocorre a vitrificação. Como benefícios da vitrificação às sementes, podem-se citar:

- a alta viscosidade diminui a ocorrência das reações químicas, fazendo com que a semente permaneça num estado de quiescência e dormência com conseqüente diminuição dos processos degradativos,
 - o vidro ocupando espaço dentro das células, evita o colapso destas com a dessecação,
 - fica impedida a cristalização dos solutos e também sua concentração, o que alteraria o pH do meio,
 - torna o citoplasma tolerante a temperaturas extremas,
 - previne o congelamento da água. A formação do citoplasma vítreo é específica de tecidos tolerantes à dessecação e está associado ao acúmulo de açúcares;
- e) proteínas *late embryogenesis abundant* (LEA): dentre as mudanças metabólicas que ocorrem no desenvolvimento e maturação das sementes, há também o aparecimento de tipos específicos de proteínas como LEA proteínas. As proteínas LEA são hidrofílicas, o que advém da presença do aminoácido glicina em sua composição química. São proteínas altamente estáveis, não se desnaturando pelo aquecimento. Sua habilidade de atrair moléculas de água

mantém o ambiente celular rico em água e em alguns casos pode até substituí-la e, então, em nível subcelular desempenham importante papel contra a dessecação. Há evidências de que o ácido abscísico (ABA) esteja envolvido nos efeitos do estresse hídrico em tecidos vegetais incluindo a expressão dos genes LEA. Entretanto, é possível que a produção de LEA seja regulada também por mecanismos que não envolvam a participação do ABA. Informações sugerem que os muitos tipos de proteínas LEA têm diferentes modos de ação, mas sempre tendo em vista a proteção contra os efeitos da dessecação. No caso de sementes recalcitrantes, há a possibilidade de que a produção ou eficiência das LEA proteínas, bem como de sacarose e de certos oligossacarídeos, ser defeituosa. Nesse tipo de semente, as proteínas LEA podem não estar presentes e as concentrações de ABA durante o desenvolvimento dos embriões serem muito baixas. A recalcitrância não é causada por apenas um fator e sim por uma complexa interação de muitos fatores como LEA, ABA, açúcares e carboidratos, sistemas antioxidantes e outros.

A tolerância à dessecação parece estar medida por sistemas de proteção que previnem danos letais para os diferentes componentes celulares, incluindo membranas, proteínas e citoplasma. No mínimo, três principais sistemas de proteção têm sido caracterizados:

- a) acumulação de açúcares reduzidos, os quais estabilizam membranas e proteínas em condições secas e promovem a formação de uma fase vítria no citoplasma;
- b) capacidade para prevenir, tolerar ou reparar um ataque de radicais livres durante a dessecação;

- c) defesa através de LEA proteínas que são induzidas por ABA.

Contudo, nenhum desses mecanismos são completamente ou exclusivamente responsáveis pela tolerância à dessecação. Acredita-se que a tolerância à dessecação não é absolutamente atribuída a um simples mecanismo de proteção. Em vez disso, a tolerância à dessecação apresenta-se como uma característica multifatorial, em que cada componente é igualmente crítico, atuando em sinergismo e controlado no nível genômico. Acredita-se que os diferentes componentes de tolerância à dessecação não são induzidos como uma seqüência universal de eventos, mas são mais provavelmente processos independentes, que variam entre espécies de sementes, tecidos, maturação e condições de dessecação.

DETERIORAÇÃO

A deterioração das sementes é um processo progressivo e irreversível que não pode ser evitado, somente retardado. A deterioração manifesta-se nas sementes por meio de várias alterações químicas e fisiológicas, sendo a perda da capacidade de germinação uma de suas manifestações finais. O potencial de conservação das sementes é determinado pela velocidade do processo de deterioração e pode ser variável entre diferentes lotes da mesma espécie e variedade. A queda do poder germinativo e do vigor das sementes é a manifestação mais evidente. Alterações na cor das sementes, atraso na germinação, maior sensibilidade às condições ambientais durante a germinação, crescimento reduzido das plântulas, grande ocorrência de plântulas anormais, menor tolerância às condições adversas de conservação. Todas essas indicações podem não surgir ao mesmo tempo numa amostra de sementes e algumas delas são peculiares a sementes de certas espécies.

À medida que a semente envelhece, perde gradativamente o seu poder germinativo e geralmente origina plântula pouco desenvolvida. As reduções no crescimento,

que precedem ou acompanham a perda do poder germinativo, não ocorrem necessariamente em todos os processos de deterioração. Essas duas ocorrências são correlacionadas, mas reguladas por mecanismos que operam independentemente. Quando o poder germinativo decresce, muitas plântulas tornam-se anormais e não são capazes de sobreviver. As sobreviventes podem apresentar sistema radicular e parte aérea reduzidos, crescer e dar origem a plantas com pólen estéril. As danificações mecânicas também podem originar anormalidades em sementes e plântulas.

As anormalidades em plântulas podem ser ainda originadas pela rápida deterioração causada por uma secagem drástica e por rápidas alterações na temperatura ambiente durante o período de armazenamento. Alterações na cor das sementes causadas por altas temperaturas ou infestações de microrganismos durante o período de conservação também se correlacionam com o decréscimo do poder germinativo e vigor das sementes. Por conseguinte, a deterioração pode, inclusive, prejudicar a produção de um campo.

Manifestações bioquímicas da deterioração

Respiração

As sementes continuam a viver após a colheita e, portanto, respiram. Com isso ficam sujeitas a pequenas, mas contínuas transformações em suas reservas. A elevação da temperatura ambiente, geralmente provoca o aumento na taxa respiratória, porém dentro de certos limites. De modo geral, sementes com 11%-13% de teor de água respiram relativamente pouco. No entanto, a elevação desse teor de água também provoca aceleração no processo de respiração e, conseqüentemente, na velocidade de deterioração; esta depende também da sanidade e do estado físico das sementes. Assim, as sementes danificadas física e mecanicamente respiram com maior intensidade que as sadias, enquanto a respiração de insetos e, principalmente, de micror-

ganismos contribui para a elevação da temperatura no ambiente de armazenamento.

Alterações na atividade enzimática

Ocorrem alterações na atividade de amilases, proteases, lipases, descarboxilases e desidrogenases principalmente devidas a desnaturações das enzimas, em sementes deterioradas. Estas enzimas exercem importantes papéis no metabolismo das reservas, principalmente durante o processo de germinação.

Alterações em reservas armazenadas

Uma das alterações associadas à deterioração de sementes é o aumento da acidez em oleaginosas, principalmente devido à liberação de ácidos graxos pela oxidação dos lipídios e fosfolipídios. Alterações em proteínas dependem de sua solubilidade em água e resultam no acréscimo do teor de aminoácidos livres, causado pela degradação de proteínas. Essas alterações são potencializadas pelo desenvolvimento de microrganismos.

Alterações no tegumento das sementes

Durante o processo de envelhecimento, podem ocorrer alterações nos tegumentos das sementes, principalmente em sua cor, estrutura e permeabilidade à água. Essas modificações são prejudiciais, porque a estrutura dos tegumentos é de fundamental importância para a proteção da semente contra agentes externos, danificações mecânicas e tem influência em trocas gasosas, na movimentação da água para o interior da semente e na transferência da umidade superficial da semente para o ar atmosférico.

Alterações nas taxas de síntese de compostos orgânicos

Certas manifestações fisiológicas da deterioração, como a germinação e o crescimento reduzidos, sugerem baixas taxas de

reações de síntese de compostos orgânicos nessas sementes. Primeiramente, porque essas reações constituem uma parte do processo de crescimento e, em segundo lugar, porque a deterioração pode ocorrer antes da emergência das plântulas, pois os processos de síntese são iniciados logo após a absorção de água pelas sementes.

Danos aos cromossomos

Geneticistas têm observado que sementes armazenadas por longo período podem sofrer alterações genéticas, resultando em uma população diferente da original. Em primeiro lugar, algumas sementes morrem e as restantes podem diferir em alguns caracteres do material original; em segundo lugar, pode haver um acréscimo na proporção de mutações no decorrer do período de conservação. Quanto mais favoráveis são as condições ambientais, mais baixa é a taxa de mutações. Essas alterações são mais comuns nos tecidos meristemáticos da radícula e da plúmula, podendo causar, inclusive, aberrações nos grão de pólen. Em muitos casos foram encontradas correlações entre o número de aberrações cromossômicas e o poder germinativo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dessa forma, nenhum fator isolado é o único responsável pela deterioração de sementes, possivelmente vários fatores danosos atuam sob diferentes condições, e a deterioração é a soma dos danos resultantes da atuação desses fatores.

REFERÊNCIAS

- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds physiology of development and germination**. 2.ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2.ed. Brasília: PAX, 1985. 298p.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- BRANDÃO JÚNIOR, D. da S. **Marcadores da tolerância à dessecação de sementes de cafeeiro**. 2000. 144p. Tese (Doutorado em Fi-

totecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CARVALHO, N.M. de; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

ELLIS, R.H.; BLACK, M.; MURDOCH, A.J.; HONG, T.D. (Ed.). **Basic and applied aspects of seed biology**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1997. 823p.

FERREIRA A.G.; BORGHETTI F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323p.

GUIMARÃES, R.M. **Fisiologia de sementes**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. 81p. Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” (Especialização) a Distância: Produção e Tecnologia de Sementes.

_____. **Tolerância à dessecação e condicionamento fisiológico em sementes de cafeeiro (*Coffea arabica*, L.)**. 2000. 180p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

_____; OLIVEIRA, J.A. **Morfologia e anatomia de sementes e plântulas**. Lavras: FAEPE, 1998. Módulo de tutoria à distância.

HILHOST, H.; LEPRICE, O. **Germination: topics I to IV**. Lavras: UFLA, 1998. Seed Physiology Course Symposium UFLA/WAV, Lavras, 1998.

KILELL, J.; GALILI, G. **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. 853p.

MARCOS FILHO, J.M. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 496p. (FEALQ. Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, 12).

TOLEDO, F.F. de; MARCOS FILHO, J. **Manual das sementes: tecnologia da produção**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1977. 224p.

VIEIRA, A. R.; VIEIRA, M. das G. G. C.; CARVALHO, V.D. de; FRAGA, A.C. Efeitos de tratamentos pré-germinativos na superação da dormência de sementes de arroz e na atividade enzimática da peroxidase. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.4, p.535-542, abr.1994.

O Banco do Brasil plantou na internet a maior rede de serviços para o produtor rural.

bb.com.br

Central de Atendimento BB 4004-0001 (capitais) 0800-729-0001 (demais localidades)

O Agronegócios-e do Banco do Brasil é o *site* mais completo para você conduzir os seus negócios. Com um acesso prático e seguro, você pode comprar, vender, negociar, ofertar, contratar, pagar, financiar, transportar e ainda ficar por dentro da previsão do tempo e das notícias especializadas. Acesse www.agronegocios-e.com.br e transforme o seu computador em uma central de negócios.



O tempo
todo com
VOCÊ



Controle de qualidade na produção de sementes

*Maria Laene Moreira de Carvalho*¹

*José de Barros França Neto*²

*Francisco Carlos Krzyzanowski*³

Resumo - O termo “qualidade”, aplicado à semente, reflete o desempenho de lotes nas mais diferentes condições de campo, que pode ser avaliado pelo estabelecimento de um estande ideal, pelo potencial produtivo, determinado pelas características de melhoramento, ou mesmo pela ausência de contaminantes como pragas, doenças e plantas invasoras. Além da qualidade mínima para comercialização, estabelecida pelos programas de certificação, os produtores podem adotar programas que visam estabelecer, avaliar e sugerir parâmetros de qualidade próprios, pelo controle do processo, experimentação e aferição de resultados. O conjunto de atividades e providências tomadas para que a qualidade esteja inserida no produto final, ou seja, no lote de sementes a ser comercializado, é chamado “controle de qualidade”. A produção de sementes voltada ao aprimoramento da qualidade implica na introdução de programas de controle que levam, invariavelmente, à satisfação dos consumidores, à ampliação do mercado e a uma maior credibilidade e melhor reputação da empresa produtora.

Palavras-chave: Semente. Potencial fisiológico. Qualidade sanitária. Genética. Física.

INTRODUÇÃO

O controle da qualidade de sementes é parte extremamente importante do processo de produção, não só pela garantia que o uso de sementes sadias, vigorosas, genética e fisicamente puras pode proporcionar na obtenção de altas produtividades e na preservação da contaminação de áreas de plantio, mas também pela exigência crescente do mercado consumidor. A evolução tecnológica tem levado o produtor a produzir sementes da mais alta qualidade e com valores agregados, que garantam sua sobrevivência no mercado. O controle na produção de sementes visa superar algumas limitações impostas pelos

diversos fatores que podem afetar sua qualidade.

Na organização do sistema de produção de sementes, existem alguns padrões mínimos, diretrizes e normas que visam garantir um certo nível de qualidade por espécie, dentro de cada categoria de sementes. Esse tipo de controle normativo é chamado “controle externo de qualidade” e assegura que apenas sementes de origem e qualidade conhecidas sejam comercializadas. Além de atender ao controle externo, visando alcançar o máximo de qualidade nas sementes produzidas, o produtor deve desenvolver um programa próprio para sua empresa. É o que se chama “controle inter-

no de qualidade” (CIQ), que se baseia, principalmente, na identificação e avaliação dos problemas de produção, em ações preventivas que garantam a manutenção e o monitoramento dessa qualidade ao longo do processo produtivo e na adoção de procedimentos que visem corrigir erros operacionais.

Na realidade, os dois tipos de controle se confundem, uma vez que a diferença entre eles está apenas no nível de qualidade exigido, podendo ser mínimo para comercialização dentro dos programas de certificação ou máximo, dentro de certos padrões estabelecidos pelos produtores. Segundo Basra (1994), os objetivos do Programa

¹Eng^a Agr^a, D.Sc., Prof^a Adj. UFLA – Dep^o Agricultura, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: mlaenemc@ufla.br

²Eng^a Agr^a, Ph.D., Pesq. Embrapa Soja, Caixa Postal 231, CEP 86001-970 Londrina-PR. Correio eletrônico: jbf Franca@cnpso.embrapa.br

³Eng^a Agr^a, Ph.D., Pesq. Embrapa Soja, Caixa Postal 231, CEP 86001-970 Londrina-PR. Correio eletrônico: fck@cnpso.embrapa.br

de Controle de Qualidade de Sementes são os seguintes:

- estabelecer, avaliar e sugerir os parâmetros de qualidade do produto;
- confrontar a conformidade do processo aos padrões estabelecidos e proceder às ações corretivas apropriadas, quando se notarem desvios;
- estabelecer a capacidade de processo ou a qualidade ótima sob determinada condição;
- melhorar a produtividade e a qualidade pelo controle do processo e experimentação;
- coordenar as atividades de aferição de qualidade nos testes de laboratório.

QUALIDADE

A qualidade de sementes envolve diferentes componentes individuais, que podem ser definidos ou avaliados separadamente, no entanto, a avaliação conjunta desses componentes é a ferramenta que propicia o conhecimento do valor real e do potencial de utilização de um lote de sementes (VIEIRA et al., 1999). Os componentes individuais da qualidade da semente estão relacionados com aspectos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários, assumindo diferentes graus de importância, conforme o perfil e as condições de produção da espécie ou de determinado lote.

Ao considerar o aspecto genético, quando o consumidor adquire semente de uma determinada cultivar, espera-se que a cultura resultante desse lote tenha atributos inerentes à cultivar, como potencial de produção, resistência a pragas e a doenças específicas, uniformidade de características de grãos ou mesmo adequação a determinado tipo de mercado. No entanto, o consumidor só poderá confirmar as características do lote adquirido após o plantio, a não ser que a qualidade genética seja verificada antes da comercialização.

Os melhoristas de plantas e as companhias produtoras de sementes têm sido

eficientes para desenvolver novas cultivares cada vez mais produtivas e com atributos direcionados para o mercado. Mas esse esforço será em vão, se as condições de pureza genética ou varietal não forem preservadas. O controle da qualidade genética começa com a aquisição da semente ou com sua obtenção pelos melhoristas. O isolamento do campo em relação a polinizantes indesejáveis, que incluem plantas e insetos polinizadores, a inspeção de campos de produção e as parcelas de pré e pós-controle são exemplos de como controlar a manutenção da qualidade genética. Parcelas de pré e pós-controle podem ser utilizadas para aferição da qualidade genética,

mas normalmente são disponíveis muito tarde para prevenir a venda de lotes com misturas, a menos que a semente seja armazenada por uma estação de crescimento até que os resultados das parcelas sejam obtidos. Um exemplo de utilização de parcelas de controle na aferição da qualidade genética ao longo do processo de produção de sementes por diferentes gerações (G1 e G2) é mostrado na Figura 1.

O ideal seria produzir lotes de sementes com 100% de pureza física, mas contaminantes invariavelmente estão presentes em lotes comerciais. Além de afetarem o valor monetário do lote, os contaminantes podem ser extremamente danosos ao meio

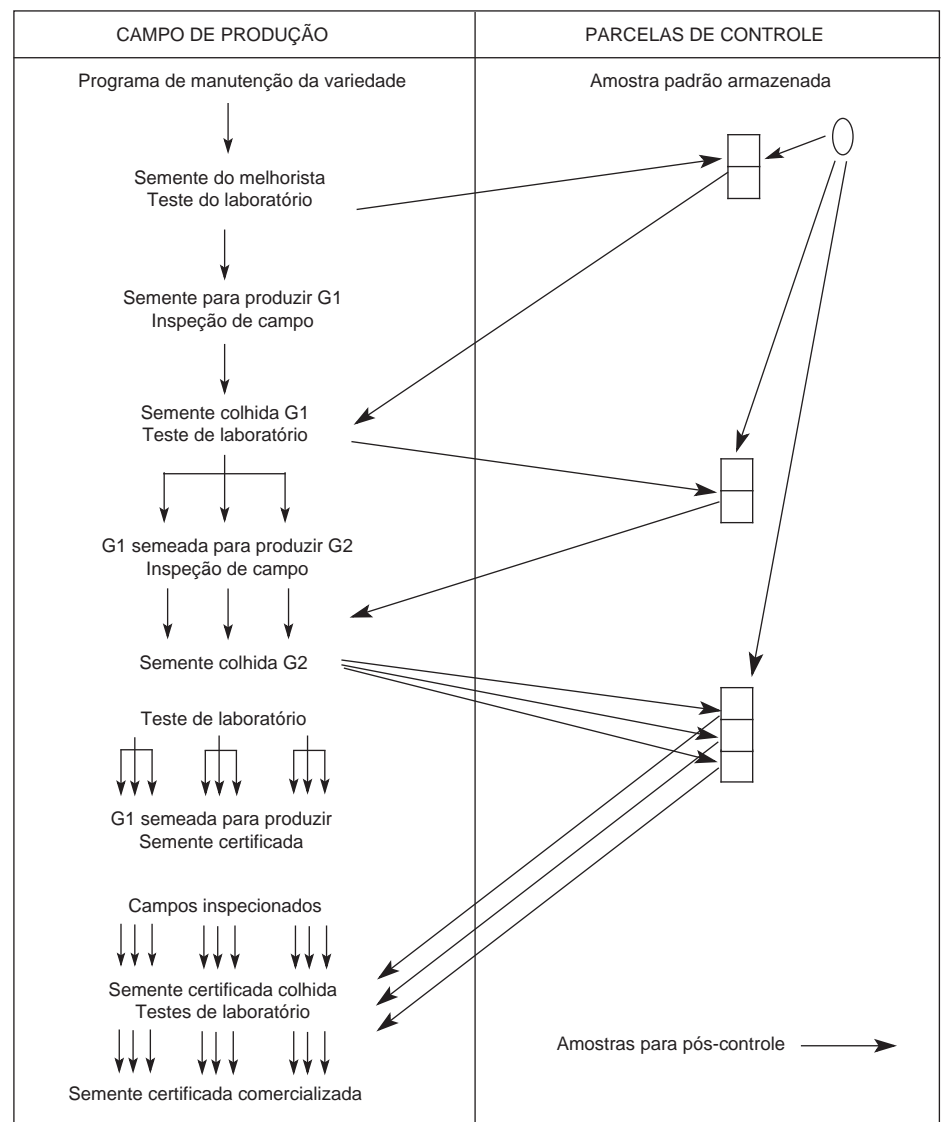


Figura 1 - Esquema de controle da qualidade genética das sementes

FONTE: Dados básicos: Kelly e George (1998).

ambiente, onde o lote será utilizado. Procedimentos como *roguing*, que consiste em eliminar plantas atípicas de um campo de produção de sementes, evitar áreas cultivadas anteriormente com a espécie a ser produzida ou áreas contaminadas com plantas daninhas, rotação de culturas, inspeções de campo, adequação e limpeza de equipamentos de colheita e beneficiamento são medidas importantes que podem evitar misturas indesejáveis ou a presença de fragmentos de sementes e outras impurezas, como estruturas de resistência de microrganismos, que venham a depreciar o lote e que são detectados normalmente na análise de pureza.

É comum encontrar diferenças na qualidade de sementes de uma mesma cultivar em diferentes safras, zonas agroclimáticas de produção e na mesma área em campos adjacentes. O ambiente onde a planta se desenvolve é um fator que, adicionado ao potencial genético da cultivar, determina a qualidade fisiológica da semente produzida. O entendimento de como as variáveis ambientais afetam o processo fisiológico, que determina a viabilidade e o vigor, é essencial para a produção de sementes, já que a baixa qualidade fisiológica é um problema praticamente crônico que a indústria de sementes enfrenta a cada ano.

Estratégias de produção podem ser utilizadas para minimizar o efeito de condições adversas no vigor das sementes produzidas, tais como:

- a) condições agronômicas adequadas de manejo em campos de produção irão minimizar a severidade de estresse, quando esse ocorrer;
- b) áreas de produção de sementes deverão estar estrategicamente posicionadas em regiões geográficas, para minimizar os efeitos dos riscos locais, onde o desenvolvimento da lavoura ocorre sob condições desfavoráveis;
- c) utilizar, sempre que possível área de produção apta à irrigação;

- d) adotar cultivares desenvolvidas para o aumento da estabilidade, maior capacidade de produção e qualidade sob variados ambientes.

Condições de temperatura e umidade relativa do ar durante o armazenamento das sementes, produzidas em condições ideais para a espécie, podem evitar ou minimizar a velocidade de deterioração delas, preservando a qualidade fisiológica e prevenindo a proliferação de insetos e microrganismos.

As sementes também podem ser agentes disseminadores de pragas e doenças e cuidados especiais com a transmissão devem ser tomados no campo de produção, durante o processamento e durante o armazenamento. Os patógenos associados às sementes podem ser introduzidos em novas áreas, e os fungos *Aspergillus flavus* e *Penicillium* spp. podem afetar o potencial fisiológico durante o armazenamento.

FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE

A qualidade final das sementes, conseguida por um programa de controle eficiente, tem uma profunda influência na produção econômica de todas as espécies agrícolas, principalmente em condições adversas de semeadura, quando a semente pode determinar ou não o estabelecimento da cultura. A semente pode ser influenciada por diversos fatores, que podem ocorrer no campo durante a sua formação, por ocasião da colheita e durante a secagem, o beneficiamento, o armazenamento, o transporte e a semeadura. Tais fatores abrangem extremos de temperatura durante a maturação, flutuações das condições de umidade ambiente, deficiências nutricionais das plantas, ocorrência de pragas e doenças, além da adoção de técnicas inadequadas de colheita, secagem, beneficiamento, armazenamento e transporte.

Fatores iniciais

A princípio, os principais fatores que influenciam a qualidade final das sementes são:

- a) qualidade das sementes *per se*, usada para a semeadura;
- b) nível de fertilidade do solo;
- c) temperatura e fotoperíodo;
- d) umidade do solo;
- e) aplicação de herbicidas e pesticidas.

Qualidade da semente

A qualidade das sementes usadas para a produção de um campo tem influência no estabelecimento e na produção da cultura na segunda geração. O efeito do tamanho, peso ou densidade da semente depende da limitação que o ambiente propicia ao desenvolvimento inicial e estabelecimento das plântulas, mas a uniformidade do lote é fundamental para um bom desenvolvimento e estabelecimento da lavoura. Em soja, tem sido demonstrado que a qualidade inicial das sementes e o seu tamanho, em situações especiais, resultam em efeitos na produtividade: sementes mais vigorosas e/ou maiores apresentam um maior potencial de produtividade, principalmente nos anos em que ocorrem estresses hídricos durante a fase de enchimento de grãos (FRANÇA NETO et al., 1983; KRZYŻANOWSKI et al., 2005).

Solo

As condições do solo como textura, estrutura, nível de fertilidade, pH, presença de microrganismos são fundamentais para um bom estabelecimento da lavoura de produção. Existem poucas informações a respeito dos aspectos relacionados com o solo que afetam a qualidade das sementes. Os estudos mais recentes relacionam-se principalmente a aspectos nutricionais.

A reserva de fósforo tem função importante no metabolismo da germinação das sementes. Além da função nutricional, a principal reserva de fósforo na semente, o ácido fítico, pode agir como um antioxidante natural.

De modo geral, pode-se dizer que a aplicação de nitrogênio no florescimento leva a aumentos na produção e qualidade das

sementes da maioria das culturas, em especial para gramíneas, como o trigo, apesar de, em alguns casos, atrasar o seu período de enchimento. O potássio aumenta a eficiência fotossintética e favorece o metabolismo de lipídios e proteínas em sementes oleaginosas. Além disso, tem papel primordial tanto na qualidade das sementes, quanto na resistência da planta e da semente à infecção por diversos patógenos. Os micronutrientes, apesar de pouco estudados com relação ao seu efeito na produção de sementes, parecem ser os elementos que mais propiciam respostas em termos de qualidade.

Temperatura e fotoperíodo

Para a produção de sementes das mais diferentes espécies, as variedades devem ser adaptadas ao fotoperíodo e à temperatura prevalecente no local escolhido. Locais especificamente selecionados são necessários para a produção econômica de cultivares sensíveis ao fotoperíodo e à temperatura.

Região com precipitação, temperatura e umidade moderadas são mais recomendáveis à produção de sementes, que regiões úmidas e com temperaturas elevadas. A maioria das espécies agrônômicas requer um período seco e ensolarado e temperaturas moderadas para o florescimento e polinização. Dias nublados e chuvas em excesso podem afetar a polinização, resultando em baixa produção. Temperaturas extremas podem causar dessecação de pólen, aumentar a taxa de respiração e dificultar o enchimento dos grãos, diminuindo seu peso. Temperaturas elevadas, associadas a condições de umidade ambiental, resultam em severa deterioração das sementes.

Umidade do solo

O fato de climas secos serem mais indicados para a produção de sementes, principalmente livres de doenças e com alta qualidade, faz com que a irrigação seja importante no processo produtivo. A irrigação pode ser requerida por ocasião do plantio, até o enchimento da semente, mas

a necessidade de irrigação varia conforme a espécie, o clima e o solo. A umidade adequada do solo é essencial para o crescimento da planta. A sensibilidade a condições secas pode ser diferente para as espécies e variar conforme o estágio de desenvolvimento da planta. A seca durante o florescimento pode interferir com fertilização e, assim, o número de sementes/planta é reduzido. O peso e o tamanho das sementes, que normalmente se correlacionam com viabilidade, são reduzidos pela seca, nas fases de desenvolvimento de grãos e maturação.

O excesso de água de irrigação ou precipitações também pode ser prejudicial, principalmente nas fases de pré-colheita e colheita, podendo levar à produção de sementes com baixo teor de nitrogênio e proteína e, em alguns casos, baixa qualidade fisiológica.

Aplicação de herbicidas, inseticidas e fungicidas

O controle efetivo de plantas daninhas, pragas e doenças em todas as fases de produção são essenciais para a obtenção de produtividade e qualidade nas lavouras de produção de semente.

Colheita, secagem e beneficiamento

Todas as atividades de colheita, secagem e beneficiamento devem ser cuidadosamente planejadas para propiciar o máximo de eficiência com alta qualidade de sementes. Os danos mecânicos, principalmente os oriundos da operação de colheita, podem causar injúrias nas diferentes estruturas das sementes, anormalidade de plântulas, restrição de crescimento e efeitos adversos, tanto imediatos como latentes, que vão ser manifestados no final do armazenamento, prejudicando a germinação e o vigor.

A umidade da semente deve ser considerada, já que várias espécies têm diferentes níveis ótimos de umidade para operações mecânicas ou manuais e para sua conser-

vação. As condições de secagem também podem influenciar o vigor e a viabilidade. Sementes submetidas a secagens muito rápidas e a altas temperaturas têm sua longevidade diminuída.

A operação de beneficiamento, que visa preparar o lote para a comercialização, quanto à pureza e às características físicas, pode também auxiliar no aprimoramento da qualidade fisiológica e sanitária das sementes.

Na colheita e beneficiamento, cuidados especiais devem ser tomados para prevenir a ocorrência de misturas varietais mecânicas, o que poderá afetar a qualidade genética do produto final.

Condições de armazenamento

A umidade ideal de armazenamento varia com a espécie, em termos de manutenção do vigor e da germinação ao longo do tempo, diferindo entre espécies ortodoxas e recalcitrantes. A longevidade de sementes ortodoxas depende da umidade, da temperatura e da pressão de oxigênio. Diminuindo a umidade e a temperatura de armazenamento, ou substituindo o oxigênio por gases inertes em recipientes hermeticos, pode-se prolongar a longevidade dessas sementes.

Armazenamento de sementes em condições climatizadas pode ser uma alternativa para assegurar a manutenção da qualidade em pós-colheita.

CONTROLE DA QUALIDADE (CQ) E ANÁLISE

O conceito de qualidade não pode ser confundido com a análise de sementes. A análise é a ferramenta que orienta o CQ. Um sistema confiável de CQ permite monitorar a qualidade da semente em todas as fases de produção, entretanto, amostras representativas devem ser retiradas dos lotes de sementes antes e depois de todas as operações, da pré-colheita até a pré-semeadura, para que se tenha um controle total do processo. Dessa maneira, o laboratório de análises de sementes assume grande importância no processo de CQ e,

à medida que o processo evolui, a escolha de testes e determinações adequados na avaliação da qualidade para cada espécie ou situação possibilita o aprimoramento progressivo do sistema de controle.

Testes cada vez mais rápidos e eficientes têm sido desenvolvidos, dando subsídios aos programas de CQ, garantindo a otimização de recursos e a redução de custos. Os resultados da análise só serão válidos, se a amostragem for efetuada corretamente e se houver disponibilidade de métodos, que permitam resultados uniformes e comparáveis, dentro de certas tolerâncias. Para permitir uma realização correta e uniforme da análise de sementes, especialistas na área adotam regras que servem de base para todos os laboratórios. Essas regras encontram-se em publicações nacionais (BRASIL, 1992) ou internacionais (ISTA, 1996), onde estão compiladas para ser utilizadas na avaliação de sementes dentro dos programas de certificação.

A avaliação da qualidade genética de materiais pode ser efetuada por métodos como análise morfológica de plantas ou sementes, testes bioquímicos, com utilização específica para algumas espécies e cultivares, *grow out* (parcelas de controle) ou análise de marcadores moleculares, como enzimas ou DNA.

O controle da pureza física e a identificação dos componentes do lote são normalmente efetuados pelas análises de pureza e exame de sementes silvestres nocivas. As determinações do percentual e da natureza dos materiais que compõem o lote e a determinação da umidade e danos mecânicos nas diferentes fases da produção podem orientar o beneficiamento, prevenir deteriorações fisiológicas ou aquelas causadas pela ação de microrganismos.

Apesar de o resultado do teste de germinação ser o parâmetro mais utilizado para avaliar a qualidade fisiológica de sementes, ele tem várias limitações para retratar o desempenho do lote em condições de campo. Os testes de vigor não são necessariamente efetuados para predizerem o número exato de plântulas que emergirão ou sobrevive-

rão no campo, no entanto, muitos dos resultados oriundos desses testes podem correlacionar com a porcentagem de emergência no campo.

Os testes de vigor, principalmente aqueles que permitem a obtenção de resultados rápidos, como o teste de tetrazólio, condutividade elétrica e pH do exsudato, ou mesmo, alguns que demandam mais tempo, como envelhecimento acelerado, teste de frio, deterioração controlada e emergência em campo têm sido utilizados com sucesso nos programas de CIQ de empresas produtoras.

Dois testes de vigor são recomendados pela ISTA (1995): o teste de envelhecimento acelerado e o teste de condutividade elétrica.

O teste de envelhecimento acelerado é ideal, quando se pretende avaliar o potencial de armazenamento de lotes, uma vez que as condições de estresse do teste são mais drásticas do que as normalmente encontradas pelas sementes no armazém. Tem como objetivo selecionar lotes para a semeadura, avaliar o potencial de armazenamento e auxiliar a seleção de genótipos durante o melhoramento de plantas, com base na resposta das sementes à simulação de condições desfavoráveis (temperatura e umidade elevadas). O teste baseia-se no fato de que lotes com alto vigor manterão sua viabilidade, quando submetidos durante curtos períodos a condições severas de temperatura e umidade relativa do ar, que afetam a velocidade e a intensidade de deterioração.

O teste de envelhecimento acelerado, no caso de sementes de hortaliças e forrageiras, pode ser também realizado substituindo-se a água destilada por uma solução salina que limite a absorção de água como cloreto de sódio – 40 g de NaCl/100 mL de água (JIANHUA; MCDONALD, 1996) ou cloreto de lítio. Assim, a deterioração das sementes não é tão drástica, uma vez que a absorção de água por estas torna-se mais lenta. O teste de condutividade elétrica baseia-se no fato de que o vigor está relacionado com a integridade do sistema de

membranas celulares. Dessa maneira, durante o processo de embebição, há liberação de solutos citoplasmáticos (exsudatos) em intensidade proporcional ao estado de desorganização das membranas. Assim, sementes mais deterioradas ou danificadas liberam maiores quantidades de exsudatos (açúcares, ácidos orgânicos, íons, etc.). Esse teste visa avaliar a quantidade de íons presentes na água de embebição e, indiretamente o vigor das sementes. Tem sido usado, com sucesso para avaliar o vigor, o potencial de armazenamento e o potencial de emergência de sementes de várias espécies, como soja, milho e ervilha. A lixiviação de exsudatos de lotes de baixo vigor também pode causar efeitos secundários, já que os nutrientes exsudatos durante a germinação podem estimular a atividade de microrganismos no solo e infecções secundárias.

Outros testes de vigor têm sido utilizados em programas de controle interno da qualidade (KRZYZANOWSKI et al., 1999). Para sementes de milho (DIAS; BARROS, 1995), principalmente, o teste de frio é um dos mais utilizados. Baseia-se na avaliação da qualidade de sementes de milho sob condições de solo úmido, frio e infectado por fungos. Pode ser utilizado para várias finalidades como:

- a) avaliação da eficácia de fungicidas;
- b) seleção de material genético capaz de germinar em solo frio e úmido;
- c) avaliação da deterioração fisiológica causada por armazenamento prolongado ou sob condições adversas, por injúrias por congelamento, secagem e outras;
- d) avaliação do efeito de danos mecânicos nas sementes semeadas em solo úmido e frio;
- e) seleção de lotes para plantio precoce em condições mais frias.

As diferenças que ocorrem no desenvolvimento e na velocidade de crescimento das plântulas podem significar as variações do vigor das sementes no lote. Os testes

que envolvem avaliação das plântulas levam em consideração o crescimento e/ou classificação das plântulas em normais fortes e fracas.

A base do teste de deterioração controlada é a mesma do teste de envelhecimento acelerado, isto é, sementes são expostas a duas importantes variáveis ambientais, que influenciam a deterioração de sementes: alta temperatura e alta umidade de sementes por um curto período. O teste prevê um conteúdo de umidade constante das sementes durante o período de deterioração, em contraste aos testes de envelhecimento acelerado, onde a umidade das sementes é variável. Um dos testes mais utilizados no Brasil é o de tetrazólio, principalmente em programas de qualidade de sementes de soja. Esse teste bioquímico baseia-se na medição indireta da respiração nos tecidos das sementes, que, em contato com uma solução do sal de tetrazólio, revela sua condição de viabilidade e de vigor (FRANÇA NETO, 1999), além de permitir o diagnóstico das principais causas responsáveis pela redução de qualidade das sementes (Fig. 2). É largamente aplicado no Brasil na produção de sementes de soja e sua utilização é também corriqueira em sementes de milho, algodão, feijão e forrageiras.

A escolha dos testes varia em função da espécie, finalidade de utilização de cada lote e dos recursos disponíveis. Métodos de análise de imagens, que incluem a utilização de raio X, e testes de vigor, que incluem a análise de imagens computadorizadas de plântulas, são os mais recentes e têm sido aperfeiçoados na última década.

Uma condição indispensável para que o resultado de análise seja usado para a tomada de decisões sobre os lotes é a representatividade da amostra a ser analisada. Cuidados especiais na amostragem, como a coleta em diferentes pontos representativos, em intensidade compatível com o tamanho do lote, seguindo os princípios de amostragem, e a coleta nas várias etapas de produção, podem garantir informações mais precisas a respeito da qualidade.

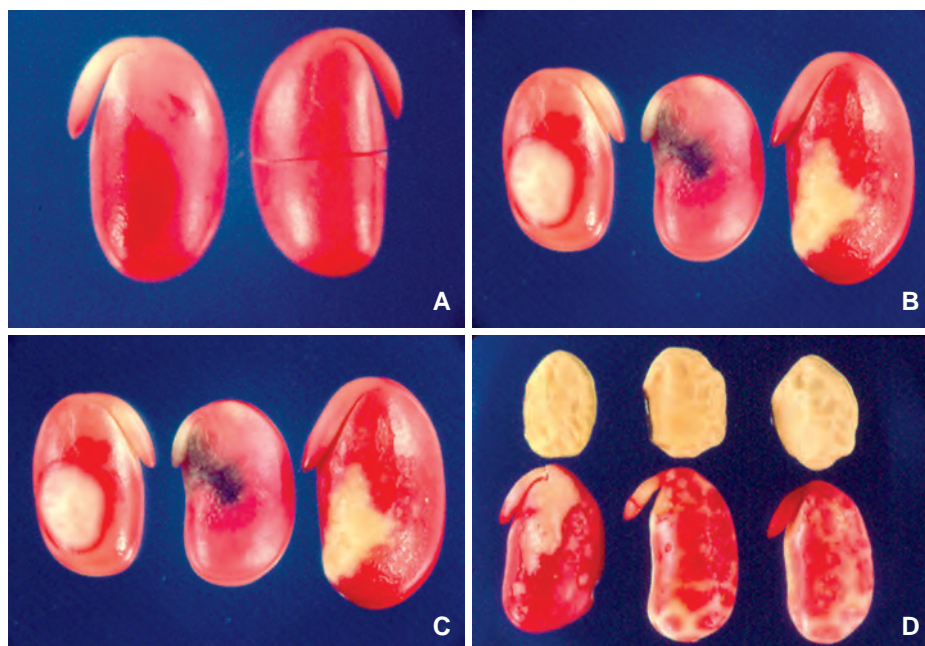


Figura 2 - Principais tipos de danos diagnosticados pelo teste de tetrazólio em sementes de soja

FONTE: França Neto et al. (1998).

NOTA: A - Dano mecânico; B - Deterioração por umidade; C - Dano por percevejo; D - Dano por seca e alta temperatura.

Apesar de o sistema de certificação ainda não exigir padrões de sanidade de sementes, alguns níveis de tolerância já estão especificados para sementes básicas, porque além do aspecto relativo ao efeito de microrganismos na qualidade, têm de ser considerados problemas de disseminações de patógenos e contaminação de áreas. Os métodos de detecção e identificação de microrganismos têm evoluído com rapidez e auxiliado na tomada de decisões sobre tratamento e descarte de lotes.

Outro aspecto a ser considerado, além da obtenção dos resultados de análise, é a interpretação desses resultados. A coleta de dados é fundamental, mas de nada vale sem a avaliação técnica de profissionais que realmente saibam tomar decisões com base na interpretação desses resultados. A informática e a estatística podem auxiliar os profissionais a clarear ou organizar resultados. Por muitos anos a coleta, manutenção e manipulação de dados referentes à qualidade de lotes de sementes de uma empresa, que eram utilizados para tomadas de decisões estratégicas ou operacionais,

foram conduzidas informalmente. Com os avanços tecnológicos na área de informática, a partir dos anos 90, algumas firmas grandes produtoras de sementes adotaram sistemas de qualidade total ou sistemas integrados de gestão empresarial, como *Enterprise resources planing* (ERP) ou *SAP R/3 quality Management*. Esses sistemas integram funções na empresa e orientam o processo produtivo (OKAMOTO, 2003). Como exemplos de sistemas de informação utilizados no controle de qualidade de sementes podem ser citados também: *Qualstat* e *Seedcalc* (GREGORIE, 2003); e *Secpam* (GARCIA et al., 2003). Esses programas mais voltados para análises estatísticas podem auxiliar na checagem da eficiência dos procedimentos de controle existentes e na seleção de novos procedimentos.

FASES DO CONTROLE INTERNO DE QUALIDADE

O sistema de controle interno de qualidade, segundo Krzyzanowski e França Neto (2003), inclui as fases:

- a) exploratória: inicia-se com a seleção de cultivares adaptadas, regiões adequadas para produção de sementes, seleção de bons cooperados e de material inicial para multiplicação de origem conhecida. Para ser um multiplicador de sementes, o agricultor deve ter um bom conhecimento dos aspectos tecnológicos da produção da espécie, ter equipamentos de campo de boa qualidade e quantidade de área suficiente, requerida para a produção de sementes;
- b) semeadura: averiguar nas áreas selecionadas para a produção de sementes as operações de pré-semeadura e de semeadura, bem como avaliar a emergência de plântulas no campo. As inspeções são também conduzidas, visando avaliar as condições de isolamento, ocorrência de plantas daninhas e de plantas voluntárias;
- c) vegetativa e de colheita: pelo menos três inspeções de campo são efetuadas nas fases, ou seja:
- durante o estágio vegetativo da lavoura, para avaliar a incidência de doenças, a ocorrência de plantas daninhas e a presença de plantas fora do padrão,
 - no florescimento, para identificar e remover plantas fora do padrão com relação ao ciclo, à altura e à cor de flor ou eliminar florescimento indesejável,
 - na pré-colheita, para avaliar a mistura de cultivar, por meio de alguns descritores genéticos, e o ciclo da planta. Atenção especial deve ser dada para a detecção das doenças causadas por patógenos transmitidos por sementes. Essa inspeção possibilita decidir, se o campo será colhido para grão ou para semente;
- d) preparo da semente: o controle é executado durante as etapas de re-

cepção, pré-limpeza, secagem, limpeza, classificação, embalagem e armazenamento;

- e) acabamento: o controle interno de qualidade é realizado pela análise final do lote de sementes, identificação dos lotes, comercialização, distribuição e durante o período em que as sementes permanecem com os distribuidores para venda aos consumidores.

O controle da qualidade em todas as fases de produção das sementes é uma garantia de obtenção de um produto confiável, com rastreabilidade e dentro das expectativas do produtor.

REFERÊNCIAS

- BASRA, A.S. **Seed quality**: basic mechanisms and agricultural implication. Bingham: Haworth Press, 1994. 389p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análises de sementes**. Brasília, 1992. 365p.
- DIAS, M.C.L. de L.; BARROS, A.S. do R. **Avaliação da qualidade de sementes de milho**. Londrina: IAPAR, 1995. 43p. (IAPAR. Circular, 88).
- FRANÇA-NETO, J. de B. Testes de tetrazólio para determinação do vigor de sementes. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. de B. (Ed.). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. p.8.1-8.7.
- _____; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. da. **O teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1998. 72p. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 116).
- _____; _____; _____; BARRETO, J.N. Efeito de níveis de vigor das sementes sobre diversas características agrônômicas da soja. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Resultados de pesquisa de soja 1982/83**. Londrina, 1983. p.70-73.

GARCIA, R.; RAMIREZ, G.; MOLINA, J.M.; GONÇALEZ, J.V. Quality computational statistical systems for a conditioning plant for corn seed (SECPAM). **Revista Chapingo. Serie Ingenieria Agropecuaria**, Chapingo, v.3, n.1, p.5-10, mar. 2003.

GREGORIE, S. Qualstat and seedcalc. **Seed Testing International**, Zurich, v.125, n.1, p.38, Apr. 2003.

ISTA. **Handbook of vigour test methods**. 3rd.ed. Zurich, 1995. 117p.

_____. **Regras internacionais para análise de sementes**. Zurich, 1996. 335p. (ISTA. Supplement, 24).

JIANHUA, Z.; MCDONALD, M.B. The saturated salt accelerated aging for small-seeded crops. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.25, n.1, p.123-131, 1996.

KELLY, A.F.; GEORGE, R.A.T. **Encyclopaedia of seed production of world crops**. Chichester: John Wiley, 1998. 403p.

KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA-NETO, J. de B. Agregando valor à semente de soja. **Seed News**, Pelotas, v.7, n.5, p.22-27, 2003.

_____; _____; COSTA, N.P. da; HENNING, A.A.; VIEIRA, B.G.T.L. Influência do tamanho da semente na produtividade da cultura da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 27., 2005, Cornélio Procopio. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2005. p.567-568. (Embrapa Soja. Documentos, 257).

_____; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J. de B. **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. 218p.

OKAMOTO, A.J.O. **Sistemas integrados de gestão empresarial e sua adaptação a laboratórios de análises de sementes**. 2003. 45p. Monografia – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

VIEIRA, M. das G.G.C.; CARVALHO, M.L.M. de; MACHADO, J. da C. **Controle de qualidade de sementes**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. 113p.

Processamento de sementes pós-colheita

João Almir Oliveira¹

Renato Mendes Guimarães²

Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa³

Resumo - O insumo semente tem um papel importante no desenvolvimento da agricultura, contribuindo de forma acentuada para o aumento da produtividade. No entanto, é necessário que a semente chegue às mãos do agricultor com boa qualidade física, fisiológica, genética e sanitária, em quantidades adequadas e em tempo hábil. Para obtenção de semente com alta qualidade é necessário que esta seja colhida o mais próximo possível da maturidade fisiológica. Todas as etapas pós-colheita devem ser executadas cuidadosamente para a preservação desta qualidade, a qual foi adquirida durante a formação das sementes no campo. Quanto mais próximo da maturidade ocorrer a colheita, maior será o teor de água. Assim, o processo de secagem deve ser realizado cuidadosamente para evitar danos às sementes e promover uma maior longevidade durante o armazenamento. O beneficiamento das sementes é também uma etapa importante, pois além de promover a melhoria da qualidade física pela retirada de restos culturais, sementes quebradas, sementes de espécies invasoras e outras, promove ainda a uniformização, favorecendo o plantio. Com vistas a uma maior uniformização do estande, algumas empresas têm utilizado a técnica do pré-condicionamento fisiológico e posterior revestimento das sementes, para facilitar a incorporação de microelementos e a semeadura direta no campo.

Palavras-chave: Semente. Beneficiamento. Secagem. Revestimento. Tratamento.

INTRODUÇÃO

A missão permanente da área de produção vegetal tem sido a de garantir adequado suprimento de alimentos, para uma população sempre crescente. Um dos fatores mais importantes para garantir o aumento da produtividade é a utilização de sementes de boa qualidade, envolvendo os aspectos físicos, fisiológicos, genéticos e sanitários.

As empresas produtoras de sementes no Brasil têm investido em programas de controle de qualidade monitorando todas as fases do processo de produção. Den-

tre estas, a fase de pós-colheita tem merecido atenção especial por parte desses produtores, uma vez que mal conduzida pode comprometer toda a qualidade das sementes.

As sementes, logo após a colheita, encontram-se com alto teor de água, podendo apresentar altos índices de impurezas e, dessa forma, maiores deverão ser os cuidados com o processo de secagem e beneficiamento para evitar a deterioração das sementes. Portanto, um bom planejamento da colheita será importante para que as sementes não permaneçam colhidas por

longo período antes de serem secas e beneficiadas.

No beneficiamento leva-se em consideração as diferenças físicas existentes entre a boa semente e a impureza a ser retirada, tendo como objetivos melhorar a qualidade física, uniformizar o tamanho para facilitar a semeadura e promover uma maior longevidade dessas sementes durante o período de armazenamento. Para tanto, as sementes passam por uma série de etapas envolvendo vários equipamentos que, se não bem regulados ou limpos, podem promover maiores danos ou contaminação delas.

¹Biólogo, D.Sc., Prof. Adj. UFLA – Dep^{de} Agricultura, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: jalmir@ufla.br

²Eng^{de} Agr^a, D.Sc., Prof. Adj. UFLA – Dep^{de} Agricultura, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: rentomg@ufla.br

³Eng^a Agrícola, D.Sc., Pesq. EMBRAPA/UFLA – Dep^{de} Agricultura, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: sttelaveiga@ufla.br

Novas tecnologias para promover um melhor desempenho das sementes em campo têm sido pesquisadas, assim como o condicionamento fisiológico delas. Para tanto, torna-se necessário maior uniformidade do estande das plantas e também a técnica do revestimento das sementes, que visa aumentar seu tamanho, para fins de semeadura direta, bem como para facilitar a agregação de produtos fitossanitários e microelementos utilizados em seu tratamento.

BENEFICIAMENTO

A máxima qualidade de um lote de sementes é função direta das condições de produção no campo, ou seja, sementes de qualidade são obtidas no campo. Entretanto, além de umidade excessiva, essas sementes após colhidas contêm materiais indesejáveis que devem ser removidos, a fim de melhorar as condições de secagem e armazenamento, de plantabilidade e, com isso, aumentar a proporção de sementes puras no lote, inclusive eliminando aquelas chochas e malformadas. Assim, evita-se a infestação das áreas de plantio com sementes indesejáveis de outras cultivares ou de

outras espécies. Nesse sentido, o beneficiamento torna-se uma das principais etapas para a obtenção de sementes de alta qualidade, com um mínimo de perdas e em quantidades adequadas para suprir as necessidades dos agricultores.

O beneficiamento consiste no conjunto das operações a que as sementes são submetidas desde sua recepção na unidade de beneficiamento de sementes (UBS), até sua embalagem, para o posterior armazenamento ou distribuição. A realização harmoniosa e eficiente dessas operações demanda conhecimentos teóricos e práticos básicos. Será apresentada, neste estudo, uma compilação de conhecimentos sobre as diferentes etapas do beneficiamento de sementes. Os detalhes de uma unidade de beneficiamento de sementes encontram-se na Figura 1.

Princípios do beneficiamento

A garantia da qualidade inicia-se desde o momento em que a semente a ser multiplicada é selecionada e termina com sua distribuição e, nesse processo, as etapas do beneficiamento têm uma função primordial, uma vez que todos os esforços do

melhorista, do tecnologista e do produtor de sementes podem ser comprometidos, se no beneficiamento, não forem empregados os princípios e os cuidados básicos durante as operações.

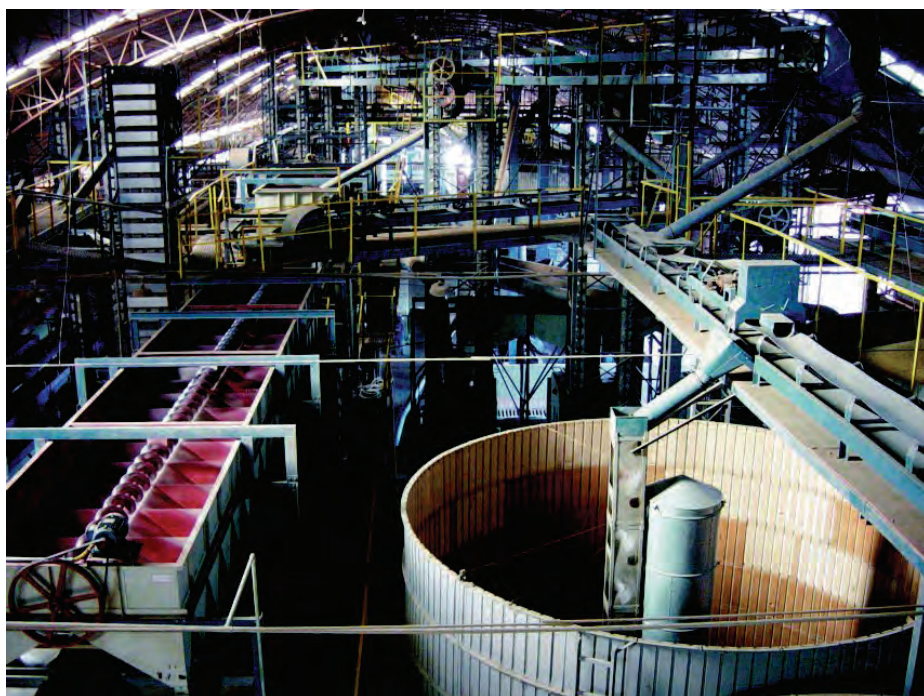
Como parte integrante de um programa organizado de produção de sementes, o beneficiamento deve ser realizado dentro dos princípios básicos para a obtenção de sementes da melhor qualidade possível, que são os seguintes:

- a) máxima porcentagem de sementes puras: seja para a semeadura na própria propriedade, seja para a comercialização, um lote de sementes deve ser constituído de sementes secas, limpas, uniformes e livres de materiais indesejáveis;
- b) manutenção da qualidade: cada etapa do beneficiamento deve assegurar a qualidade inicial intrínseca de cada semente, de maneira que melhore a qualidade final do lote de sementes, eliminando o excesso de umidade, as sementes fora do padrão ou de baixa qualidade, os materiais inertes e outras sementes indesejáveis, e evite danos mecânicos e misturas varietais;
- c) eficiência das operações: é importante que as diversas máquinas realizem as separações e classificações da melhor forma possível, com sincronismo entre elas e com a máxima eficiência e eficácia, evitando-se danos às sementes, repasses e perdas de sementes puras.

Dessa forma, o objetivo geral do beneficiamento é obter um lote de sementes com o máximo de porcentagem de sementes puras, com o mais alto grau de uniformidade, de vigor e de germinação, com um teor de água seguro e a um custo razoável.

Operações do beneficiamento

Serão apresentadas todas as operações do processo de beneficiamento de sementes, embora nem todas sejam necessárias para todas as espécies cultivadas. As particula-



João Almir Oliveira

Figura 1 – Linha completa de uma unidade de beneficiamento de sementes

ridades das diversas espécies cultivadas, bem como as circunstâncias e as condições em que as sementes são recebidas na UBS, determinam as operações necessárias ao beneficiamento de cada lote de sementes.

As diversas operações do beneficiamento incluem a recepção, a pré-limpeza e operações especiais, a secagem, a limpeza, a classificação ou padronização, o tratamento e o ensacamento das sementes.

Recepção

A recepção é o processo de caracterização e identificação dos lotes de sementes recebidos na UBS, seja em sacos ou a granel, entendidos como uma quantidade limitada de sementes com atributos físicos e fisiológicos similares dentro de certos limites toleráveis. Cada lote de sementes possui uma história, que se deve ao sistema de cultivo, contaminação com outras sementes, sistema de colheita, condições climáticas e de manuseio.

Pré-limpeza e operações especiais

Quando colhido, o lote de sementes pode conter vários materiais indesejáveis, como materiais inertes, sementes de plantas daninhas, sementes de outras espécies e de outras cultivares, sementes malformadas e fora de padrão. A pré-limpeza consiste basicamente na remoção, no menor prazo possível, dos materiais maiores, menores (separação por peneiras) e os mais leves (separação por ar) do que as sementes a serem beneficiadas.

Para as operações de pré-limpeza, utilizam-se máquina de ar e peneiras com alta produção, uma vez que nessa etapa é mais importante o rendimento do que a qualidade da operação. As principais vantagens da operação da pré-limpeza são:

- facilitar a secagem, acelerando o processo e auxiliando no fluxo das sementes;
- reduzir o volume do material a ser armazenado e beneficiado;
- melhorar o desempenho dos transportadores;

- facilitar as operações das máquinas subseqüentes.

Sementes palhentas e aristadas como algumas forrageiras e florestais, sementes de milho em espiga, de algodão, de amendoim, sementes duras e impermeáveis à água e sementes múltiplas necessitam de operações especiais na recepção, necessárias à secagem e às subseqüentes operações de beneficiamento. Nesses casos são utilizados máquinas e equipamentos especiais tais como os despalhadores, desaristadores, debulhadores, descascadoras, escarificadores, deslindadores mecânicos ou químicos, polidores, etc., de acordo com a especificidade da semente a ser processada.

Limpeza e classificação ou padronização

A remoção dos materiais indesejáveis do lote de sementes somente será possível, se houver diferenças físicas entre os componentes do lote, tais como largura, espessura, comprimento, peso específico, forma, textura, cor, condutividade elétrica, etc. As sementes, geralmente, diferem entre si e entre outros materiais que compõem um lote, em pelo menos uma dessas características físicas, tornando possível a separação. Para tanto, são requeridas máquinas especializadas que realizam uma ou mais separações, com base nas diferenças entre essas características.

Separação por largura e espessura

Para a separação por largura são utilizadas as peneiras de furos redondos e para a separação por espessura, as peneiras de furos oblongos. As de furos redondos são caracterizadas pelo diâmetro do furo em milímetros e variam de 0,6 até 31 mm. Na nomenclatura norte-americana, utiliza-se a polegada como referência. Peneiras acima de 2,0 mm caracterizam-se em 64 avos de polegadas, isto é, 20/64, 22/64, 24/64, designando apenas o numerador da fração, ou seja, peneira 20, 22 e 24 respectivamente. As peneiras com menos de 2,0 mm de diâmetro de perfuração são caracterizadas em

fração de polegada, isto é, 1/12, 1/13 a 1/30. No Brasil, o sistema utilizado é o decimal.

As peneiras de furos oblongos caracterizam-se pela largura e comprimento da perfuração em milímetros. A largura possui a mesma variação das peneiras de furos redondos, enquanto o comprimento pode ser de 7,0; 12,0 ou 20 mm. Na nomenclatura norte-americana, a largura obedece à mesma denominação dos furos redondos e o comprimento é expresso em fração de polegada, isto é, 1/4, 1/2 e 3/4.

As peneiras de furos redondos, oblongos e triangulares são de chapas metálicas. Há também as de arame trançado que têm a vantagem de possuir o dobro da área aberta e facilitar, por suas ondulações naturais, a peneiração das sementes. São de furos quadrados ou retangulares e expressos em número de aberturas por polegada bidirecional.

Os equipamentos que utilizam peneiras para a separação ou classificação são as máquinas de ar e peneiras, por meio das peneiras planas, e os separadores de precisão, por meio das peneiras cilíndricas.

Separação por comprimento

Sementes de algumas espécies, como por exemplo de milho, após serem classificadas por largura e espessura, são classificadas quanto ao comprimento, já no beneficiamento de sementes de arroz e trigo, é comum encontrar materiais indesejáveis que diferem das sementes quanto ao comprimento. Em trigo, encontram-se sementes partidas ao meio, ou sementes de aveia e nabo, entre outras de menor freqüência; em arroz ocorrem sementes partidas ao meio, descascadas e sementes de arroz-preto e arroz-vermelho que geralmente são mais curtas.

As máquinas que separam por comprimento são o separador de cilindro ou *trieur* e o separador de disco. Nessas máquinas, o elemento separador (cilindro ou disco) possui inúmeros alvéolos em sua parte interna, todos do mesmo tamanho, onde os materiais a serem separados irão alojar-se e permanecer durante o giro, sendo

eliminados numa calha superior. Para que um material possa ser erguido pelos alvéolos a uma altura possível de separação, considera-se que mais de 5/8 de seu comprimento esteja dentro do alvéolo.

Separação por forma

Outro fator de diferença em um lote de sementes é a forma, sendo possível a separação, por exemplo, de sementes de forma redonda de outras com um lado plano ou piramidal, ou de forma irregular. A máquina mais comum é o separador espiral, muito utilizado para a separação de materiais indesejáveis de um lote de sementes de soja, constituído por duas espirais, uma interna e outra externa. O uso do separador espiral, além de melhorar a qualidade física, pode também melhorar a qualidade fisiológica de lotes de sementes de soja, uma vez que separam as sementes defeituosas, atacadas por insetos e danificadas mecanicamente.

Separação por peso específico

Um lote pode conter sementes com densidades variadas, devido a ataque de insetos, chuva na pré-colheita, ocorrência de doenças, resultando em sementes malformadas, estéreis, de maturação desuniforme, assim como conter partículas como torrões e pedras de tamanho e forma semelhantes às sementes. A grande influência da densidade na qualidade fisiológica das sementes faz com que a separação com base nesse atributo consiga melhorar, acen-tuadamente, a qualidade do lote, principalmente em gramíneas, devido à grande possibilidade de haver formação de espaços vazios durante o “enchimento” das sementes.

A separação por densidade é feita, mais comumente, pela mesa densimétrica, que é uma máquina de “acabamento” colocada, geralmente, no final da linha, sendo recomendada para a maioria das espécies de sementes. A primeira etapa de separação na mesa densimétrica é a estratificação vertical, onde as sementes leves ficam acima da mesa, por ação da ventilação, e as

sementes pesadas ficam em contato com a mesa. A segunda etapa consiste na separação propriamente dita, onde as sementes pesadas movem-se para a parte mais alta da mesa e as leves para a parte baixa, uma vez que, por não estarem em contato com a mesa, não sofrem a ação da vibração, movendo-se pela ação da gravidade. Há sempre uma fração intermediária entre as sementes pesadas e as leves que é repassada na máquina.

A mesa densimétrica é uma das máquinas mais populares e efetivas na indústria sementeira, mas também de difícil operação. O operário deve estar bem treinado e familiarizado com o seu funcionamento e princípios de operação, uma vez que a obtenção da maior capacidade e eficiência depende de uma perfeita coordenação dos ajustes de velocidade do ar, de vibração da mesa, de inclinação lateral, de fluxo de alimentação e da inclinação longitudinal.

Outras bases de separação

Em alguns casos específicos e menos comuns, utiliza-se, como base de separação, a textura superficial, a condutividade elétrica, a afinidade por líquidos e a separação por cor.

Cuidados durante o beneficiamento

O beneficiamento de sementes é reconhecido como uma etapa de suma importância em qualquer programa organizado de produção de sementes. Se não forem tomados os cuidados durante as diversas operações, todos os esforços podem ser perdidos. Os danos mecânicos podem ocorrer a qualquer ponto do beneficiamento e são acumulativos, por isso é muito importante que incorpore as melhores práticas e tecnologias disponíveis para aumentar a eficiência do beneficiamento. Outro fator importante refere-se à limpeza dos equipamentos, principalmente dos elevadores, para evitar contaminações indesejadas durante o processo. O responsável pelas operações de beneficiamento deve ter conhecimentos sobre a legislação e normas

vigentes para a produção e comercialização de sementes, bem como sobre a situação atual dos programas de produção regionais e nacionais.

SECAGEM

O momento ideal para a colheita das sementes é o mais próximo possível da maturidade fisiológica, quando as sementes estão com teores de água que variam de 30% a 50% de base úmida (bu). Quanto mais tarde realiza-se a colheita, maiores são os riscos de perdas qualitativas e quantitativas, pois após a maturidade fisiológica, ao permanecerem armazenadas no campo, as sementes ficam sujeitas às condições desfavoráveis como intempéries, ataques de insetos, microrganismos, doenças, etc. Assim, a colheita com teores mais altos de água é uma prática cada vez mais comum entre os produtores de sementes.

Outras vantagens da colheita das sementes com mais altos teores de água são:

- a) possibilidade de planejamento da colheita;
- b) menor perda de sementes por deiscência natural;
- c) racionalização das estruturas de processamento;
- d) melhor planejamento de rotação de culturas, etc.

No entanto, apesar das vantagens que apresenta, a secagem pode ser uma fonte de danos às sementes, podendo inutilizá-las para o plantio, o que merece atenção especial por parte dos produtores de sementes.

Processo de secagem

Por definição, secagem é o processo de transferência de calor e massa entre o produto e o ar de secagem, onde o ar transfere o calor para o interior das sementes, ocorrendo evaporação, e a semente transfere a água evaporada para a corrente de ar, que a levará para fora da massa de sementes. A condição para que ocorra a secagem é que a pressão de vapor d'água

sobre a superfície da semente seja maior do que a pressão de vapor d'água no ar de secagem. O movimento dar-se-á no sentido do gradiente da pressão de vapor d'água. Se esta condição não for satisfeita, poderá, inclusive, ocorrer hidratação das sementes, caso a pressão de vapor d'água do ar seja maior do que na superfície das sementes. Se ocorrer igualdade dessas pressões, a semente não perderá nem ganhará umidade, ou seja, estará em equilíbrio higroscópico.

Para que a semente perca água para a atmosfera, é necessário que se reduza o valor do seu ponto de equilíbrio higroscópico, e isto é conseguido reduzindo-se a umidade relativa do ar. Fixada a temperatura, a redução da umidade relativa é conseguida com a retirada de água do ar, o que diminui a pressão de vapor, elevando sua capacidade de receber água. Da mesma forma, fixada a umidade relativa, a aplicação de calor eleva a pressão de vapor do ar na semente e reduz seu ponto de equilíbrio higroscópico.

As sementes são materiais higroscópicos e têm a capacidade de absorver, ceder ou reter água e, dessa forma, sua umidade é influenciada principalmente pela umidade relativa e temperatura do ar que as rodeiam. A umidade relativa é definida como a relação que existe entre a pressão de vapor d'água do ar em relação à pressão de saturação do ar na mesma temperatura e se expressa em porcentagem. Se a umidade relativa do ar estiver alta, a pressão de vapor também estará alta e, geralmente, as sementes absorvem umidade até se equilibrarem com o meio ambiente, em altos teores de água. Para que a secagem ocorra, é necessário que a umidade relativa do ar seja baixa, o que se consegue com aumento da temperatura.

No processo de secagem, componentes térmicos e hídricos do ar agem e interagem. Os mais evidentes desses componentes são a umidade relativa, o conteúdo de umidade das sementes e a temperatura do ar. Esses componentes subdividem-se e interagem-se, resultando em sete compo-

nentes que se constituem nas propriedades psicrométricas do ar: a umidade relativa do ar, a razão de mistura ou umidade absoluta, a temperatura do bulbo seco e do bulbo úmido, o ponto de orvalho, a entalpia e o volume específico. A adição de energia ao meio de secagem faz com que as moléculas de água se desprendam da semente, vaporizem-se e sejam retiradas do ambiente por meio do ar em movimento, mantendo o déficit de pressão de vapor no sentido semente-ar, permitindo a continuidade do processo de secagem.

Durante a secagem a umidade relativa do ar que circula no secador deve estar entre 40% e 70%, sendo que nas primeiras horas pode ser menor (40%) e ao final não deve ultrapassar 70% para evitar uma sobresecagem. O ar que passa através da massa de sementes tem duas funções: fonte de calor para evaporar a água das sementes e serve como veículo para transportar a água evaporada para fora da massa de sementes. O fluxo de ar requerido para secar as sementes está limitado pela capacidade do ventilador, que força o ar através da massa de sementes, e pelo tipo de ventilador, que, por sua vez, depende do modelo de secador selecionado. Geralmente, em condições tropicais (altas temperaturas e altas umidades relativas do ar), recomenda-se um fluxo de ar mínimo entre 4 e 17 $\text{m}^3\text{min}^{-1}\text{t}^{-1}$ de sementes para secadores estacionários e de 80 a 180 $\text{m}^3\text{min}^{-1}\text{t}^{-1}$ de sementes para secadores contínuos e intermitentes, operando a baixas pressões estáticas.

A resistência da semente ao fluxo de ar depende do tipo de sementes, grau de compactação da massa, presença de contaminantes, umidade e altura da camada. Incrementos nesses fatores representam uma diminuição do fluxo de ar. Quando se deseja um maior fluxo de ar, é recomendável a redução da altura da massa de sementes do que aumento da potência do motor. Em geral, a altura máxima recomendada é de 0,60 m para sementes menores, de 1,5 m para sementes maiores e de até 3,0 m para milho em espigas.

À medida que o ar é forçado através da massa de sementes, encontra resistência para fluir e esta resistência é conhecida como pressão estática. De maneira geral, quando a altura da massa de sementes é duplicada, a pressão estática e os requerimentos de potência se quadruplicam e dobra-se o custo de energia elétrica por tonelada de sementes. Por isso, não é recomendável a utilização de pressões estáticas acima de 90 mm de coluna d'água para secar sementes.

O fluxo mínimo de ar insuflado por unidade de volume ou peso de sementes, capaz de promover a secagem destas sem ocorrência de deterioração, é chamado vazão específica mínima de secagem. A utilização de vazões específicas abaixo do valor mínimo pode comprometer a qualidade das sementes, enquanto a utilização de vazões específicas mais elevadas, apesar de reduzir o tempo de secagem, resultará em aumento do consumo de energia, além de exigir maior investimento inicial.

A taxa de secagem é menor no início do processo, quando o teor de água das sementes é maior e decresce, à medida que o processo avança, porque a água é contida na semente por variadas forças de atração molecular. A água contida na semente pode estar em uma forma absorvida, com força de atração fraca ($>-2\text{mPa}$) com teor de água correspondente a níveis acima de 55% (bu). Na faixa de potencial hídrico de -2 a -4mPa , o teor de água das sementes varia de 55% a 33% (bu). Esses dois tipos de água, sem interesse prático, do ponto de vista da secagem, são classificados como água do tipo 5 e 4. A água do tipo 3 e do tipo 2, com potencial hídrico de -4 a -11mPa (33% a 22% bu) e de -11 a -150mPa (22% a 8% bu), respectivamente, correspondem à faixa de umidade removida por meio de secagem natural ou artificial. A água do tipo 1 corresponde à água de constituição, encontra-se ligada aos constituintes químicos da semente por meio de forças da ordem de -150mPa e, normalmente, não há interesse na sua remoção.

Fisiologia da secagem

A dessecação é considerada necessária à conclusão do ciclo de vida de espécies ortodoxas, uma adaptação estratégica para tornar a semente apta à sobrevivência durante o armazenamento, garantindo a disseminação da espécie e a tolerância às condições ambientais. Em contraste, outras espécies não resistem à dessecação durante o desenvolvimento e maturação, sendo inaptas ao armazenamento por maiores períodos. São as sementes recalcitrantes e intermediárias, as quais sobrevivem por períodos curtos, variáveis com a espécie e associadas a um grau mínimo de umidade, portanto, às condições específicas de temperatura e umidade relativa do ar.

Sementes ortodoxas, em estádios tolerantes à dessecação, podem resistir à remoção de água dos tipos 3 e 2 (até 8% de teor de água) ou até mesmo à remoção da água do tipo 1, mas não sobrevivem por períodos prolongados (BEWLEY; BLACK, 1994). Já nas sementes sensíveis à dessecação danos letais podem ocorrer, quando estas não mais contiverem água dos tipos 4 e 3 (MARCOS FILHO, 2005).

A água tem papel fundamental nas plantas e devido às suas propriedades de solvente biológico ideal e interações hidrofílicas e hidrofóbicas, controla os processos vitais das células e das organelas, estabilizam macromoléculas e membranas, permitem a compartimentalização de constituintes celulares, inibe reações deletérias, etc. Portanto, a retirada da água poderá afetar a natureza de reações físicas e bioquímicas e um organismo que pode tolerar a desidratação deve estar apto para prevenir e/ou reparar as reações deletérias induzidas pela remoção da água.

Ao final do ciclo de desenvolvimento de sementes, principalmente as ortodoxas, diversas mudanças metabólicas ocorrem, as quais envolvem a ocorrência de diversos eventos inter-relacionados, bem como o aparecimento de substâncias que, aparentemente, têm significância funcional com respeito à proteção contra os rigores da desidratação. Existem evidências subs-

tanciais de que a dessecação é um sinal para que as sementes passem de um programa de desenvolvimento para um programa orientado em direção à germinação e ao crescimento do embrião.

O ácido abscísico (ABA), um hormônio que atua na prevenção da germinação durante o desenvolvimento das sementes, tem a sua síntese reduzida ou ocorre uma diminuição da sensibilidade das sementes a ele, quando inicia a secagem após maturação. O ABA parece estar envolvido em tolerância à dessecação, uma vez que organismos deficientes na síntese deste hormônio ou insensíveis a ele são também sensíveis à desidratação.

A síntese de RNA que codifica enzimas diretamente envolvidas nos processos de hidrólise de reservas, a partir da embebição, para que ocorra a germinação e o crescimento do embrião, predomina na medida em que as sementes se desidratam. A mobilização de reservas de amido em sementes de cereais durante a germinação, requer a produção e secreção de α -amilase pela camada de aleurona, a qual ocorre em resposta ao hormônio giberelina (GA_3). A secagem reduz a síntese de ABA e aumenta a sensibilidade da camada de aleurona ao GA_3 , ocorrendo a síntese de α -amilase que atuará na hidrólise do amido, disponibilizando os nutrientes necessários ao crescimento do embrião.

Lenta secagem de sementes proporciona mudanças nos conteúdos dos carboidratos, ocorrendo um acúmulo do dissacarídeo sacarose e dos oligossacarídeos rafinose e estaquiose, além de um decréscimo dos monossacarídeos glicose, manose, frutose e galactose. Em sementes ortodoxas, o acúmulo dos carboidratos sacarose e oligossacarídeos em detrimento do acúmulo dos monossacarídeos, em resposta à secagem, parece estar associado à aquisição de tolerância à dessecação. Esses carboidratos atuam na proteção celular, estabilizando fosfolípidios e proteínas das membranas e protegendo estruturas citoplasmáticas por meio da formação de vidros aquosos.

No final da maturação e início da secagem, ocorre também, a síntese de um grupo específico de proteínas, as *late embryogenesis abundant* (LEA), induzidas por ABA, as quais parecem também estar envolvidas com a tolerância à dessecação.

Como visto, durante a secagem da semente, após sua maturidade fisiológica, juntamente com o declínio do seu teor de água, ocorrem mudanças físicas, fisiológicas e bioquímicas complexas, sob um controle genético e, ainda não totalmente elucidadas. Essas mudanças que conferem tolerância à dessecação em sementes ocorrem, gradativamente, de forma programada, enquanto a água vai sendo removida, impondo graus diferentes de tolerância, na proporção em que os mecanismos de proteção vão sendo impostos. Portanto, a secagem das sementes ortodoxas após a maturidade fisiológica não se reveste apenas num simples processo de redução do teor de água até níveis compatíveis ao manuseio e armazenamento seguros das sementes. Sobretudo, trata-se de uma etapa do beneficiamento merecedora de cuidados especiais, tendo em vista a importância para a garantia da qualidade das sementes, das mudanças físicas, fisiológicas e bioquímicas que ocorrem à medida que a água é removida.

Sistemas de secagem

Os sistemas de secagem podem ser classificados de acordo com a fonte de energia, com o movimento das sementes no interior do secador, com o movimento do ar de secagem, etc. No entanto, nem todos os sistemas de secagem são adequados à secagem de sementes.

Com relação à fonte de energia, basicamente, podem ser considerados os sistemas de secagem natural e artificial:

- a) secagem natural: consiste na utilização da energia solar e do vento para secar as sementes. Inclui a secagem das sementes na própria planta ainda no campo, secagem ao sol em terreiros ou em terreiros suspensos e a secagem ao ar livre. Embora seja

uma alternativa viável de secagem, trata-se de um método com algumas desvantagens, como grande dependência das condições climáticas, inviável para maiores volumes de sementes, possibilidades de ocorrência de perdas qualitativas e quantitativas e suscetibilidade às enfermidades e aos ataques de insetos;

b) **secagem artificial:** consiste em alterar as propriedades físicas do ar, ou seja, aumentar a velocidade, a temperatura e/ou a umidade relativa. Incluem-se nessa categoria, o sistema de secagem com ar natural, secagem com calor suplementar e secagem com ar quente:

- sistema de secagem com ar natural: o ar com temperatura e umidade relativa ambiente é forçado a atravessar a massa de sementes, por meio de ventiladores. Trata-se de sistema de menor custo, pois é requerida energia apenas para o ventilador e exige pouca supervisão, mas apresenta desvantagens como a dependência das condições ambientais (umidade relativa inferior a 70%), tempo de secagem prolongado e requer um maior número de silos secadores,

- sistema de secagem com calor suplementar: é aquele que utiliza ar aquecido até 10°C acima da temperatura ambiente. Este sistema também requer menor supervisão e gasto de energia, melhor controle em caso de clima desfavorável e constitui boa alternativa para pequenos agricultores,

- sistema de secagem com ar quente: o ar é aquecido continuamente enquanto durar o processo de secagem. É o sistema mais utilizado por empresas de sementes, visto que permite secar independente das condições ambientais, permite alta capacidade instalada e menor tempo de operação de secagem.

Dependendo da forma de movimento das sementes no interior do secador, podem ser considerados três principais tipos de secadores artificiais com ar quente: secador estacionário, secador contínuo e secador intermitente:

- **secador estacionário:** a secagem consiste em forçar um fluxo de ar aquecido através de uma camada de sementes relativamente pequena, para permitir uma secagem rápida e a custos razoáveis. No início do processo, é estabelecida uma zona de intercâmbio da umidade das sementes com o ar, conhecida como frente de secagem, a qual vai avançando através da massa de sementes. É o sistema mais adequado para a secagem, visto que é eficiente e causa menores danos às sementes, se operado adequadamente. Existem vários tipos de secadores estacionários: silo-secador de fundo falso, silo-secador com distribuição de ar radial, secador de milho em espigas, secador de sacos e secador em túnel,

- **secador contínuo:** foi o primeiro a ser desenvolvido e nesse tipo é estabelecido um fluxo contínuo de sementes entre a moega receptora, a câmara de secagem e o depósito. As sementes entram úmidas na parte superior do secador, fluem lentamente em camadas delgadas sempre expostas ao fluxo de ar quente (secagem contínua), até chegarem no fundo do secador. É necessário que a semente passe pela câmara de secagem com velocidade tal que possa perder toda a água que se deseja dela retirar. Se as sementes não atingirem o teor de água necessário durante sua passagem na câmara de secagem, são recirculadas até que alcancem a umidade final desejada.

Os secadores contínuos, de modo geral, não são recomendados para a secagem de sementes, porém admite-se essa possibilidade desde que se procedam determinadas modificações, tais como aumento do número de passagens e da velocidade de fluxo da massa de sementes através da câmara de secagem, para evitar uma secagem muito rápida, o que pode provocar fissuras nas sementes,

- **secador intermitente:** as sementes entram na parte superior e fluem lentamente até ser descarregadas na parte inferior do secador. Entram em contato com o ar quente somente ao passarem pela câmara de secagem (secagem intermitente). As sementes passam mais de uma vez tanto pela câmara de secagem, como pela de resfriamento. A cada passagem pela câmara de secagem, perdem de dois a três pontos porcentuais de umidade. O tempo de permanência na câmara de resfriamento é bem mais longo do que na câmara de secagem, permitindo que a água do interior das sementes desloque para a camada superficial de uma forma mais lenta, causando-lhes menos estresse. De forma geral, trabalhos têm demonstrado que a secagem intermitente permite o uso de temperaturas mais elevadas, acelera o processo de secagem, aumenta a capacidade operacional dos equipamentos e não afeta a qualidade das sementes.

A temperatura das sementes, durante a secagem, não deve ultrapassar determinados valores, que variam em função do teor de água, com que as sementes se encontram no momento em que estão sendo expostas à corrente de ar aquecido. Para diversos autores, de maneira geral, a temperatura máxima que as sementes podem atingir sem comprometer sua qualidade

fisiológica é de 30°C, para sementes com teores de água acima de 25%; de 35°C, quando o teor de água estiver entre 20% e 25%; de 40°C, quando o teor de água estiver entre 15% e 20% e de 42°C, para as sementes com teores de água inferiores a 15%.

Deve-se observar, no entanto, que sementes ortodoxas sofrem desidratação natural após a maturidade fisiológica e, à medida que perdem água lentamente no campo, tornam-se mais tolerantes às temperaturas de secagem mais elevadas. Pesquisas têm mostrado, por exemplo, que sementes de milho colhidas em espigas, próximo à maturidade fisiológica e com altos teores de água, quando submetidas a uma pré-secagem sob temperatura de 35°C, toleram temperaturas de até 50°C. De forma semelhante ao que ocorre naturalmente nas sementes, ainda na planta, a pré-secagem artificial, à baixa temperatura, parece induzir nas sementes uma tolerância a temperaturas mais altas, à medida que o teor de água diminui. Além disso, a secagem de milho em espigas difere da secagem de milho debulhado, devido à conformação do leito de secagem e a uma maior proteção do embrião (ROSA et al., 2004).

Sendo assim, sementes com teores de água mais elevados são mais sensíveis aos danos térmicos, por isso, quanto mais elevado o teor de água, menor deve ser a temperatura empregada na secagem. Entretanto, danos térmicos também podem ocorrer durante a última fase da secagem, quando o teor de água das sementes e a velocidade de secagem são menores, devido à redução da velocidade de evaporação e à elevação da temperatura do embrião.

REVESTIMENTO

O estabelecimento de qualquer cultura no campo depende de vários fatores que podem determinar o alcance dos objetivos propostos pelo agricultor, ou o fracasso da exploração. O agricultor tem buscado o máximo aperfeiçoamento dos sistemas de cultivo que lhe possam garantir o êxito técnico e econômico de suas atividades agrícolas, no âmbito de um mercado cada dia

mais exigente e competitivo. Um dos principais desafios está na dificuldade em uniformizar todos os estádios produtivos da planta desde a germinação até a colheita. Isto ocorre fundamentalmente em função das características fisiológicas, físicas e ou genéticas das sementes que são utilizadas.

Dentro desse contexto, as sementes pequenas assumem maior importância, em função das dificuldades na sementeira direta, devido principalmente a sua forma, tamanho, peso, falta de uniformidade na germinação, presença ou ausência de reguladores de crescimento e dormência entre outras causas. Dentre as soluções propostas a estes problemas e ainda devido ao crescente aumento das áreas com sementeira direta e às caras operações de transplante, está incluída a técnica de revestimento das sementes, com o uso de materiais que facilitem a obtenção de um conjunto de características que em condições naturais não seriam alcançadas.

A técnica do revestimento de sementes consiste em adicionar algum material inerte juntamente com adesivo, para alterar seu tamanho e formato, promovendo, dessa forma, maior facilidade na sementeira. As sementes pequenas de hortaliças, flores, forrageiras e florestais são os principais alvos do uso desta técnica, visto ser uma meta de importância capital, a redução dos elevados custos de produção na fase de implantação da lavoura. No entanto, apenas as sementes com alta germinação, alto vigor e elevado teor de pureza devem ser revestidas, pois essas características são indispensáveis para a manutenção da qualidade das sementes após o processo.

O revestimento de sementes, no Brasil, ainda é muito recente, embora seja uma técnica criada há vários anos. Dessa forma, pouco se conhece sobre revestimento, uma vez que esse processo é quase sempre realizado por empresas privadas, sendo a tecnologia totalmente reservada.

A técnica de revestimento foi inicialmente desenvolvida com o objetivo de facilitar a sementeira mecânica, em função do tamanho e da forma irregular das sementes,

reduzindo os gastos destas, além de dispensar a realização do desbaste. Posteriormente, verificou-se também que essa técnica permite que outros materiais possam ser adicionados juntamente ao material aglutinante, tais como, fungicidas, hormônios, micronutrientes, herbicidas, etc., favorecendo um melhor desempenho da cultura nas fases iniciais. Outro fator importante da técnica de revestimento das sementes é a possibilidade do uso simultâneo de fungicidas e da inoculação de microrganismos benéficos às sementes, aplicados em camadas.

Em se tratando de sementeira direta em hortaliças, são diversas as vantagens relacionadas com a utilização de sementes recobertas:

- a) precisão na sementeira e no espaçamento de sementes pequenas e de formato irregular;
- b) redução dos custos de produção;
- c) menor gasto com sementes por evitar o desbaste;
- d) redução dos impactos que sofrem as sementes durante a sementeira;
- e) formação de um microambiente mais uniforme ao redor da semente no solo, pois, além da proteção, aumenta a área de contato com o solo e também promove uma maior capacidade de retenção dos produtos adicionados às sementes;
- f) possibilidade de inclusão de adubos, microelementos, inseticidas, etc.

Além disso, ainda existe a vantagem de um cultivo mais vigoroso e uniforme, em consequência de um bom enraizamento, já que evita o estresse do transplante.

Além disso, pelo fato de a técnica de recobrimento conferir às sementes, tamanho, peso e forma adequados à sementeira de precisão, pode ser realizada com uma boa sementeira mecânica, não sendo imprescindível a aquisição de modernas máquinas pneumáticas, que além de caras, são exigentes em cuidados especiais para sua regulagem e manutenção.

Quanto aos materiais utilizados no recobrimento de sementes, estes se subdividem em dois grupos: os adesivos/cimentantes e os de enchimento/cobertura e acabamento. Os adesivos ou cimentantes necessitam ter afinidade com o material de recobrimento, possuir o grau desejado de solubilidade em água, resistência e plasticidade para evitar fraturas e polvilhamento e viscosidade apropriada para facilitar sua aplicação. Diversos produtos de origem orgânica, minerais e sintéticos vêm sendo testados, tais como, mel, leite em pó, azeite vegetal, amido, açúcares, gelatinas, goma arábica (extraída da *Acacia senegal*), etil e metil celulose, azeites minerais, acetato de polivinil, álcool polivinílico, óxidos de polietileno, resinas plásticas, etc.

Os materiais utilizados como cobertura ou enchimento também são os mais variados. A escolha destes dependerá da espécie de semente a ser recoberta, dos objetivos do recobrimento, das condições ambientais a que serão expostas no cultivo e, das possíveis compatibilidades com outros materiais e tratamentos administrados de modo combinado às sementes. Esses materiais podem ser de origem mineral ou orgânica, como por exemplo: argila, trípoli, terra de diatomáceas, serragem, casca, farinha de osso, farinha de sangue, calcário, etc. Ainda relacionado com o material de enchimento, encontra-se aquele utilizado para o acabamento, que consta do polimento, tintura ou coloração das sementes revestidas.

As tecnologias de recobrimento incluem peletização, incrustação e peliculização. A peletização é a aplicação de materiais sólidos, em quantidade suficiente para a formação de grânulos, de forma esférica ou elíptica, com uma ou mais sementes por unidade. Já na incrustação, as sementes mantêm-se individualizadas, com modificações importantes do tamanho e peso inicial, mas não em sua forma original.

A peliculização é uma tecnologia que permite, dentre outros usos, a adição de agroquímicos às sementes, sem mudanças no seu tamanho ou forma. Películas com-

postas com polímeros têm sido largamente usadas na indústria de sementes com a finalidade de identificar, diferenciar e rastrear sementes de alto valor, devido às diferentes colorações. Ainda, melhorar a plantabilidade, proporcionada pela melhor fluidez das sementes no plantio; reduzir significativamente perdas de agroquímicos, proporcionadas pela melhoria da cobertura, distribuição e adesão dos ingredientes ativos sobre a superfície das sementes; secagem rápida, que reduz a poeira após o processo de tratamento, proporcionando melhor segurança aos operadores; emergência mais rápida e uniforme das plântulas. Além disso, as tecnologias de peliculização também têm sido investigadas para amenizar o impacto do estresse ambiental na germinação e no estabelecimento de plântulas com o emprego de substâncias hidrofílicas e hidrofóbicas.

A peliculização, juntamente com o tratamento químico, já é utilizada para sementes de espécies hortícolas. Mas, atualmente, intensificou-se a utilização desses materiais de recobrimento com produtos fitossanitários em sementes de grandes culturas, tais como: soja, milho e algodão. Esses polímeros, além de proporcionar uma melhor aderência dos produtos químicos adicionados, não afetam a eficiência destes

e também não prejudicam a qualidade fisiológica das sementes.

Na Figura 2, podem-se verificar as diferenças existentes entre sementes de cebola sem qualquer tratamento, quando tratadas com polímero e quando revestidas.

PRIMING OU CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO

O estabelecimento das plantas no campo é diretamente influenciado pela qualidade física, fisiológica e sanitária das sementes e é uma fase crítica das culturas. Temperaturas extremas, salinidade, excesso ou deficiência hídrica, resistência do solo à emergência e presença de insetos e fitopatógenos entre outros fatores de estresse podem afetar de forma adversa a formação do estande ideal. Quanto maior o tempo entre a semeadura e a emergência das plântulas, maior será a exposição das sementes às intempéries do ambiente. Estande adequado é um dos principais fatores que contribuem de forma positiva para o sucesso das culturas.

Um número crescente de pesquisadores tem demonstrado interesse em biologia de sementes, com o objetivo de compreender e controlar alguns aspectos da germinação de sementes, bem como o estabelecimento de plântulas. O interesse em incrementar os índices de germinação, bem



Figura 2 - Sementes de cebola sem tratamento, com polímero e revestidas

como melhorar o estande de plântulas no campo e a produção, foi inspirado nos princípios do controle das reações fisiológicas desses eventos. Dentre estes estudos, destaca-se a técnica do condicionamento fisiológico, também referida como *priming* ou condicionamento osmótico.

A técnica consiste no controle da embebição de água pelas sementes, pelo uso de soluções osmóticas ou outro artifício qualquer, que possibilite o ajuste do potencial hídrico do substrato, num nível em que as sementes absorvam água suficiente para ocorrência de processos fisiológicos iniciais da germinação, sem atingir umidade suficiente para que ocorra o alongamento celular e, conseqüentemente, a emergência da radícula. As sementes permanecem nessa condição de restrição hídrica durante o tempo de condicionamento e, em seguida, são lavadas e secadas até atingirem o teor de água original estando prontas para serem semeadas. Diversos eventos fisiológicos da germinação acontecem durante o condicionamento e são conservados em um nível adiantado, mesmo após a secagem das sementes, de tal maneira, que a germinação subsequente acontece de forma mais rápida e uniforme. O aumento da velocidade acontece porque as sementes, após o tratamento, estarão adiantadas no processo de germinação e a uniformidade é conseguida, já que o tempo de condicionamento deve ser suficiente, para que as sementes menos vigorosas avancem no processo até alcançarem o estágio de germinação, no qual as sementes mais vigorosas foram paralisadas pela restrição hídrica. É importante ressaltar que até o momento da protrusão da radícula, as sementes são tolerantes à dessecação e depois desse evento perderão a capacidade germinativa se forem secadas. Portanto, a umidade máxima que as sementes devem atingir durante o condicionamento fisiológico é sempre um pouco inferior àquela na qual a semente germina.

A restrição hídrica necessária para o controle da embebição das sementes durante o condicionamento pode ser conseguida de diferentes formas. Entretanto, tem

sido utilizada a restrição por meio de submersão das sementes em soluções osmoticamente ativas; a restrição por meio de matrizes sólidas e a restrição por meio do controle da quantidade de água fornecida às sementes. Estas três formas de restrição hídrica geram respectivamente os três tipos de condicionamento mais utilizados atualmente que são: condicionamento osmótico; *priming* com matrix sólida e *priming* de tambor.

Efeitos do condicionamento fisiológico

O condicionamento fisiológico como uma técnica capaz de melhorar a *performance* das sementes é ainda assunto de muita discussão, o que, aliás, já havia sido definido por Heydecker et al. (1975) como uma técnica simples em conceito, mas fisiologicamente complexa.

Duas hipóteses têm sido sugeridas para justificar o aumento do desempenho de sementes submetidas ao condicionamento osmótico. A primeira baseia-se na restauração da integridade de membranas perdidas durante a dessecação de sementes maduras. As sementes maduras e, conseqüentemente, secas possuem um potencial hídrico bastante reduzido em relação ao substrato onde germinam, o que provoca uma rápida entrada de água na semente. A rápida embebição de água pelas sementes, através de membranas celulares dessecação, provoca lixiviação de metabólitos da semente o que promove, além da perda dessas substâncias, o aumento da atividade de microrganismos em razão desses exudatos lixiviados, podendo comprometer o estado fisiológico e sanitário da semente e da plântula. Portanto, a redução da velocidade de embebição de água proporcionada pelo *priming*, durante o período inicial de embebição, permite um maior tempo para reparo ou reorganização das membranas, possibilitando que os tecidos desenvolvam-se de maneira mais ordenada. A segunda hipótese trata-se da disponibilidade de metabólitos prontos para serem utilizados na germinação e nos processos de crescimen-

to. Alguns estudos bioquímicos têm evidenciado que o condicionamento fisiológico em sementes reduz o tempo de embebição requerido para iniciar a síntese de RNA e de proteínas. Dessa forma, quando essas sementes condicionadas forem colocadas em água ou no solo para germinar irão retomar a divisão celular e síntese de RNA e de proteínas mais rapidamente do que as não condicionadas e, conseqüentemente, irão germinar primeiro.

Vantagens e desvantagens do condicionamento fisiológico

Tem sido demonstrado que o condicionamento fisiológico, quando realizado de maneira adequada, pode melhorar diversas características de um lote de sementes e das culturas oriundas deste. Entre as mais importantes podem-se citar: o aumento na velocidade de germinação; os ganhos expressivos na porcentagem e uniformidade da germinação, principalmente quando em condições desfavoráveis de estresse hídrico, salino e térmico; o melhor desempenho na formação do estande da cultura, pela redução do tempo de permanência das sementes no solo, época em que a semente é exposta a uma grande variedade de fatores ambientais adversos que podem afetar o desempenho germinativo e o sucesso no estabelecimento de uma plântula saudável; o estabelecimento mais rápido de plântulas no campo implicando em um menor ciclo da cultura, menor risco, melhor controle de plantas daninhas e uma melhor eficiência de irrigação; o escape dos efeitos de microrganismos causadores de tombamento, reduzindo a sua incidência; a superação de alguns tipos de dormência, principalmente aquelas relacionadas com impedimento físico do crescimento do eixo embrionário e com temperaturas, termodormências. Por outro lado, a principal desvantagem do condicionamento fisiológico é relacionada com a significativa redução do potencial de armazenamento das sementes. Entretanto, os ganhos advindos do *priming* são persistentes por tempo suficiente para a comercialização das semen-

tes da maioria das espécies. É necessário ressaltar que o condicionamento deve ser realizado sempre após o armazenamento, ou seja, nos lotes de sementes a serem prontamente comercializados.

O condicionamento fisiológico é uma prática largamente utilizada por companhias produtoras e beneficiadoras de sementes no mundo. No Brasil, algumas companhias dominam esta tecnologia, que normalmente é adotada para sementes de hortaliças e flores. Embora os fundamentos teóricos da técnica sejam válidos para todas as espécies, na prática ela é empregada em sementes pequenas e com valor suficiente para justificar a agregação do custo do condicionamento. A técnica não é utilizada para possibilitar o aproveitamento de sementes deterioradas, ou seja, visa aprimorar a qualidade de boas sementes e é empregada para melhorar o desempenho, principalmente relativo à velocidade de germinação em sementes revestidas.

Deve-se considerar, finalmente, que o condicionamento fisiológico é uma técnica extremamente útil para melhorar o desempenho de lotes de sementes, mas que devido aos aspectos operacionais é restrita às companhias de sementes, que dispõem de setores de pesquisa e produção com alto nível tecnológico.

REFERÊNCIAS

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2. ed. New York: Plenum, 1994. 445p.

HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; TURNER, Y.J. Invigoration of seeds? **Seed Science and Technology**, v.3, n.3/4, p.881-888, 1975.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

ROSA, S.D.V.F.; PINHO, E.V.R. von; VIEIRA, M.G.G.; VEIGA, R.D. Indução de tolerância à alta temperatura de secagem em sementes de milho por meio de pré-condicionamento à baixa temperatura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.3, n.2, p.290-310, 2004.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

AGUIRRE, R.; PESKE, S.T. **Manual para el beneficio de semillas**. Colômbia: CIAT, 1988.

BRADFORD, K.J. Water relations in seed germination. In: KIGEL, J.; GALILI, G. **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. p.351-396.

CARVALHO, N.M. **A secagem de sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 165p.

ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H. An intermediate category of seed storage behaviour? - I: coffee. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.41, n.230, p.1167-1174, Sept. 1990.

PAMMENTER, N.W.; BERJAK, P. A review of recalcitrant seed physiology in relation to desiccation-tolerance mechanisms. **Seed Science Research**, v.9, n.1, p.13-37, 1999.

REICHENBACH, J.; WEBER, L.; FERREIRA, J.B. Novas estratégias para proteção de sementes. In: ENCONTRO TÉCNICO, 6., 2003, Cascavel. **Novas tecnologias em sementes**. Cascavel: COODETEC/BAYER, 2003. p.45-60.

ROBERTS, E.H. A search for pattern and form. **Seed Science Research**, v.9, n.3, p.181-208, 1999.

ROVERI-JOSÉ, S.C.B.; PINHO, E.V.R. von; ROSA, S.D.V.F. **Secagem de sementes: processo, métodos e influência na qualidade fisiológica**. Lavras: UFLA, 2002. 86 p.

SAMPAIO, T.G.; SAMPAIO, N.V. Recobrimento de sementes: trabalhos técnicos. **Informativo ABRATES**, Brasília, v.4, n.3, p.20-52, dez. 1994.

SILVA, J.B.C. da; NAKAGAWA, J. Metodologia para avaliação de materiais cimentantes para peletização de sementes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.16, n.1, p.31-37, maio 1998.

SILVEIRA, S.R. Peletização de sementes: vantagens e efeitos na qualidade fisiológica e na longevidade. **Informativo ABRATES**, Brasília, v.7, n.1/2, 1997.

TAYLOR, A.G.; ALLEN, P.S.; BENNETT, M.A.; BRADFORD, K.J.; BURRIS, J.S.; MISRA, M.K. Seed enhancements. **Seed Science Research**, v.8, p.245-256, 1998.



Montanhas e vales mineiros:
novo cenário para Vinhos Finos Nacionais

- Produção de material vegetativo isento de viroses
- Assessoria técnica para instalação de vinhedos
- Análises para vinhos e derivados
- Capacitação de mão-de-obra especializada em viticultura e enologia
- Vinícola incubadora de empresas

EPAMIG

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Núcleo Tecnológico EPAMIG UVA e VINHO
Av. Santa Cruz, 500 - Caixa Postal 33 - CEP 37780-000 - Caldas - MG
Tel.: (35) 3735-1101 - epamig@epamigcaldas.com.br

Armazenamento de sementes

Maria Laene Moreira de Carvalho¹

Francisco do Amaral Villela²

Resumo - As sementes de algumas espécies têm sua utilização imediata após a colheita, outras necessitam de um período de armazenamento até que possam ser semeadas. No caso das espécies que exigem condições específicas tanto para a germinação, quanto para a emergência, as sementes permanecem duras ou dormentes. As utilizadas após a colheita têm a finalidade de preservação das espécies em bancos de germoplasma ou são usadas no melhoramento genético, com produção comercial em larga escala. Independente da finalidade a que se destina a semente, o seu armazenamento visa basicamente à preservação da qualidade até a semeadura. A capacidade de uma semente manter sua qualidade durante o armazenamento depende da longevidade inerente à espécie, da sua qualidade inicial e das condições ambientais de armazenamento. O armazenamento adequado reduz perdas qualitativas e quantitativas, além de permitir maior flexibilidade na comercialização de sementes.

Palavras-chave: Semente. Preservação. Conservação. Germoplasma. Longevidade.

INTRODUÇÃO

A importância do armazenamento tem sido reconhecida desde que o homem começou a domesticar plantas. O armazenamento tem por objetivo principal conservar as sementes, minimizando sua deterioração e preservando a sua qualidade, para que seja cumprida sua função de perpetuação e reprodução da espécie.

O processo de deterioração compreende uma seqüência de eventos que inicia na maturidade fisiológica, com degradação das membranas celulares seguida de outras alterações deteriorativas que acarretam redução de vigor, culminando na perda do poder germinativo. Dessa forma, a deterioração das sementes tem início no campo, concomitantemente ao começo do período de armazenamento.

O armazenamento após a colheita deve ser conduzido de maneira que venha a minimizar as transformações bioquímicas que

provocam a redução da qualidade fisiológica, além de evitar o desenvolvimento de insetos e microrganismos, os quais contribuem para a diminuição dessa qualidade.

A intensidade e a velocidade de deterioração das sementes durante o armazenamento são influenciadas por diversos fatores, sendo os mais importantes o teor de água da semente, a umidade relativa, a temperatura do ar, a presença de insetos e microrganismos, a localização e a severidade de danos mecânicos, os danos térmicos na secagem, a condição fisiológica inicial da semente e as características genéticas da espécie e cultivar. Esses fatores atuam, simultaneamente, na deterioração e podem ser responsabilizados pelas diferenças de comportamento entre lotes de sementes armazenadas nas mesmas condições.

A semente por ser higroscópica apresenta variação no seu teor de água em função da umidade relativa do ar, a determi-

nada temperatura. Por isso, o baixo teor de água da semente e a baixa temperatura do ambiente, associados a uma baixa umidade relativa no ambiente de armazenamento, são importantes para a manutenção da qualidade por um período mais prolongado.

FATORES QUE INFLUENCIAM A CONSERVAÇÃO DAS SEMENTES

Longevidade e viabilidade de sementes

A longevidade pode ser considerada como o período em que uma semente permanece viva, ao ser mantida sob condições ideais de armazenamento.

Existem várias proposições para a classificação de sementes de acordo com a sua longevidade. Uma classificação proposta por Ewart (1908) e Harrington (1972) separa as espécies em duas categorias: de vida curta (com longevidade inferior a 10 anos) e longevas (com longevidade igual ou

¹Eng^ª Agr^ª, D.Sc., Prof^ª Adj. UFLA - Dep^º Agricultura, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: mlaenemc@ufla.br

²Eng^ª Agrícola, D.Sc., Prof. Adj. UFPel, Caixa Postal 354, CEP 96010-900 Pelotas-RS. Correio eletrônico: villela@ufpel.edu.br

superior a 10 anos). Outra classificação citada por Toledo e Marcos Filho (1977) propõe três classes distintas: sementes microbióticas ou de vida curta (longevidade inferior a três anos); sementes mesobióticas ou de vida média (permanecem viáveis de três a quinze anos) e macrobióticas ou de vida longa (longevidade superior a quinze anos).

De acordo com as diferentes respostas à dessecação, Roberts (1973) classificou as sementes em ortodoxas e recalcitrantes. As sementes de vida curta são em geral recalcitrantes e apresentam maior dificuldade para sua conservação. As macrobióticas e mesobióticas são em geral ortodoxas e a sua longevidade aumenta, conforme diminui a temperatura do ambiente e o teor de água da semente; podem ser secadas a baixos teores de água (4% a 6%), o que permite prolongar sua longevidade.

Uma classificação específica para espécies florestais, proposta por Bonner (1990), divide as sementes ortodoxas e recalcitrantes em quatro categorias:

- a) ortodoxas verdadeiras: toleram dessecação e baixa temperatura e mantém sua viabilidade por longos períodos em condições secas e refrigeradas, como, por exemplo, eucalipto, acácia e pinus, cujas sementes podem manter-se viáveis por mais de 50 anos;
- b) subtortodoxas: podem ser armazenadas no máximo por seis anos. Normalmente, as sementes apresentam alto conteúdo de lipídios ou são pequenas e com tegumento fino;
- c) recalcitrantes temperadas: apresentam sensibilidade à dessecação, mas podem ser armazenadas em temperaturas próximas às de congelamento. Podem ser secadas até teores de água de 30%-50% e armazenadas a temperaturas entre -3°C a 3°C, mantendo sua viabilidade por doze a trinta meses;
- d) recalcitrantes tropicais: compreende a maioria das espécies florestais de sementes grandes, de culturas tropi-

cais como seringueira, cacau, coqueiro e frutíferas tropicais, como a mangueira e a carambola. As sementes dessa categoria são sensíveis à dessecação e à embebição e, muitas, não toleram o congelamento.

Nas últimas fases do desenvolvimento, as sementes ortodoxas adquirem tolerância à dessecação, a qual conduz a um estado de quiescência metabólica, considerada necessária a uma adaptação estratégica às condições ambientais e possibilita a disseminação e a preservação das espécies.

Os mecanismos moleculares de tolerância à dessecação estão envolvidos na proteção de membranas celulares, contra os efeitos deletérios da remoção inadequada de água, tendo como resultante a manutenção necessária da estrutura da camada dupla de lipídios em sementes secas. Três principais mecanismos de tolerância à dessecação em sementes em desenvolvimento foram propostos por LePrince et al. (1993):

- a) acumulação de açúcares não reduzidos, os quais estabilizam membranas e proteínas em condições secas e promovem a formação de uma fase vítrea no citoplasma;
- b) habilidade para prevenir tolerância ou reparar a ação de radicais livres durante a dessecação;
- c) proteínas protetoras, como as *late embryogenesis abundant* (LEAs), que são induzidas pela ação do ácido abscísico (ABA).

Vale ressaltar que nenhum desses mecanismos é completa ou exclusivamente responsável por tolerância à dessecação, a qual não é atribuída a somente um mecanismo de proteção, agindo isoladamente, mas é uma característica multifatorial, sendo cada componente igualmente crítico, atuando em sinergismo e controlando em nível genético.

O desenvolvimento de equações para previsão da longevidade de sementes, como a de Ellis e Roberts (1980), já tem permitido a utilização de programas estatísticos

que auxiliam na previsão do tempo de vida das sementes para qualquer lote homogêneo, numa ampla faixa de condições de armazenamento (CARVALHO et al., 2003).

Qualidade inicial

Fatores adversos durante a maturação fisiológica e na fase de pré-colheita, danos mecânicos na colheita e no beneficiamento e danos térmicos na secagem podem acen-tuar a intensidade e a velocidade de deterioração da semente no armazenamento. Assim sendo, lotes de sementes com a mesma idade podem apresentar desempenhos bastante diferentes no armazenamento em razão de diferenças quanto aos níveis de deterioração, dependendo das condições de manejo e do ambiente a que foi submetida a semente antes de ser colocada no armazém.

Teor de água

Como todo material higroscópico, as sementes têm a propriedade de ceder ou absorver água do ar que as envolve, até atingir um teor de água em equilíbrio com a umidade relativa intergranular, a uma determinada temperatura, denominado ponto de equilíbrio higroscópico. Nesse ponto, as sementes e o ar atmosférico trocam iguais quantidades de água, num processo dinâmico.

No Quadro 1, estão apresentados os teores de água de sementes de diversas espécies, em equilíbrio com diferentes umidades relativas do ar, à temperatura de 25°C. Verifica-se que o teor de água das sementes não aumenta linearmente com a variação da umidade relativa do ar e que há diferença de comportamento entre as espécies, de acordo com a composição química das sementes.

Sementes ortodoxas armazenadas com teor de água entre 11 e 13, conforme a espécie, mantêm um nível de respiração discreto. No entanto, com o aumento do conteúdo de água, influenciada pela temperatura, a velocidade respiratória é acelerada consideravelmente e, em consequência, aumenta a taxa de deterioração das sementes.

QUADRO 1 - Teor de água de sementes de diversas espécies em equilíbrio com diferentes valores de umidade relativa do ar, à temperatura de 25°C

Espécie	Umidade relativa (%)						
	15	30	45	60	75	90	100
Amendoim	2.6	4.2	5.6	7.2	9.8	13.0	—
Aveia	5.7	8.0	9.6	11.8	13.8	18.5	24.1
Centeio	7.0	8.7	10.5	12.2	14.8	14.8	26.7
Cevada	6.0	8.4	10.0	12.1	14.4	19.5	26.8
Feijão	5.6	7.7	9.2	11.1	14.5	19.6	—
Linho	4.4	5.6	6.3	7.9	10.0	15.2	21.4
Milho	6.4	8.4	10.5	12.9	14.8	19.1	23.8
Soja	4.3	6.5	7.4	9.3	13.1	18.8	—
Sorgo	6.4	8.6	10.5	12.0	15.2	18.8	21.9
Trigo	6.6	8.5	10.0	11.5	14.1	19.3	26.6

FONTE: Dados básicos: Harrington (1972).

O efeito da umidade no armazenamento não pode ser analisado independente da temperatura. Regras empíricas indicam que a temperatura e a umidade das sementes no armazenamento são os principais fatores que afetam a longevidade. Dessa forma, as sementes ortodoxas mantêm a longevidade em condições específicas de armazenamento, conforme as seguintes regras:

- para cada 1% de redução no teor de água da semente, a longevidade é duplicada. Regra válida para teores de água entre 5% e 14%;
- para cada 5,5°C de redução na temperatura de armazenamento, a longevidade da semente é duplicada. Regra válida para temperaturas entre 0°C e 43°C.

Essas duas regras são aplicáveis separadamente. Por exemplo, sementes armazenadas com teor de água de 12%, à temperatura de 20°C, apresentarão longevidade similar às sementes com 13% e mantidas a 15°C.

Temperatura

A temperatura representa um dos fatores condicionantes de manutenção da qualidade das sementes, principalmente

pela influência na umidade delas e, conseqüentemente, no seu metabolismo. A velocidade de respiração aumenta progressivamente com a elevação da temperatura e sua minimização deve ser requerida, quando se objetiva a preservação da qualidade das sementes no armazenamento. A inter-relação entre a temperatura e a umidade é responsável pela maior parte da depreciação de sementes nos armazéns, principalmente pela formação dos chamados “bolsões de calor”. Este fenômeno que se observa no seio de uma massa de sementes resulta de reações exotérmicas, como a respiração; todavia, a quase totalidade do calor é liberada por formas microbianas, em plena reprodução e atividade (VILLELA; PERES, 2004).

Quando o teor de água é alto, o calor liberado na respiração pode provocar danos às sementes armazenadas. O aquecimento pode ocorrer em regiões específicas da massa de sementes, formando locais mais sujeitos ao ataque de fungos.

Oxigênio e luz

Embora o oxigênio tenha sido indicado como um dos fatores que interfere na longevidade da semente, os estudos sobre o

uso de vácuo parcial e gases como dióxido de carbono, oxigênio e nitrogênio e seu efeito na longevidade de várias espécies de sementes têm resultados variáveis e, muitas vezes, aparentemente contraditórios, talvez pela variabilidade de métodos e técnicas utilizados na avaliação.

Com relação à luz, os trabalhos desenvolvidos não permitiram elucidar o seu papel durante o armazenamento e seu efeito na manutenção da longevidade das sementes. Até o momento, sabe-se que existe variação de respostas quanto à qualidade de luz, mas existem ainda muitas controvérsias para que se faça recomendação ao tipo de luz a ser utilizado no armazenamento.

Presença de insetos

Os insetos que atacam as sementes armazenadas pertencem às Ordens Coleóptera (carunchos) e Lepidóptera (traças). Estes insetos apresentam uma metamorfose completa, com quatro estádios bem distintos: ovo, que é posto no interior ou na superfície das sementes; a larva que se alimenta intensivamente e se desenvolve; a pupa, que permanece em estado de repouso e, finalmente, a fase adulta (besouro ou traça), cujas principais funções são a reprodução e a disseminação da espécie.

A descoberta, em tempo hábil, de um ataque de insetos, é importante para o controle da praga. Nos climas temperados e subtropicais, durante os meses mais quentes e nos climas tropicais, durante todo o ano são necessárias inspeções a cada duas semanas, a fim de descobrir as infestações em estágio incipiente e realizar o expurgo que consiste em encerrar as sementes em ambiente hermético e colocar o fumigante, procurando alcançar um nível máximo de controle, tanto para o inseto adulto como para as formas jovens. No expurgo de sementes deve-se empregar fumigante não fitotóxico, por exemplo, fosfina, para não prejudicar o poder germinativo e o vigor da semente.

Vale ressaltar que condições de baixa temperatura e reduzido teor de água, utilizados na preservação da qualidade fisio-

lógica da semente, favorecem também o controle de insetos no armazenamento.

Presença de microrganismos

Os microrganismos podem danificar a semente, causando alteração de coloração, enrugamento, apodrecimento, manchas necróticas, aquecimento da massa de sementes e produção de micotoxinas, com reflexos na qualidade fisiológica, podendo determinar alterações nos perfis eletroforéticos de proteínas e isoenzimas. A avaliação do efeito dos microrganismos em sementes, em nível bioquímico e molecular, não é perfeitamente elucidada.

Existem fungos que se associam às sementes durante seu desenvolvimento ou após a maturidade fisiológica, antes da colheita, denominados fungos de campo. Estes fungos têm, em geral, sua incidência reduzida no armazenamento. Por outro lado, os fungos de armazenamento, que frequentemente já estão presentes nas sementes no momento da colheita, desenvolvem-se durante o armazenamento afetando negativamente a qualidade dessas sementes. Compreendem principalmente espécies dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* que se desenvolvem em sementes com teor de água de equilíbrio com umidade relativa de 65%-90%. Sendo assim, as condições de armazenamento exercem acentuada influência no desenvolvimento destes fungos. Os níveis de danos causados às sementes dependem, basicamente, da qualidade inicial do lote e das condições ambientais de armazenamento.

É oportuno destacar a preocupação maior que se deve ter com os patógenos (agente causal de doença infecciosa) transmitidos por sementes, pela possibilidade de introdução e disseminação em áreas de cultivo.

Embalagem

Um armazenamento sob condições ambientais favoráveis, associado à escolha do tipo adequado de embalagem, minimiza perdas qualitativas e quantitativas, além de permitir uma maior flexibilidade na comercialização da semente.

Existem, atualmente, diferentes tipos de embalagem à disposição dos produtores de sementes. Essas embalagens podem ser classificadas de acordo com a possibilidade de trocas de vapor de água com o ar ambiente em três tipos:

- a) porosas: aquelas permeáveis à umidade, permitindo troca de vapor de água entre a semente e o ambiente exterior da embalagem. Assim sendo, as sementes acondicionadas em embalagens permeáveis sofrem flutuações em seu teor de água, de acordo com as variações da umidade relativa do ar ambiente;
- b) semipermeáveis ou semiporosas: aquelas que permitem determinada troca de vapor de água entre a semente e o ambiente externo. Nesse tipo de embalagem, dependendo da espécie, as sementes no momento do acondicionamento devem apresentar de 2% a 3% de teor de água aquém do empregado em embalagens permeáveis;
- c) impermeáveis ou à prova de troca de vapor de água: não permitem intercâmbio de vapor de água entre a semente e o ambiente exterior. As sementes devem ser acondicionadas em embalagens impermeáveis com teor de água de 4% a 9%, dependendo da espécie.

No processo de escolha do tipo de embalagem a ser usado, devem-se levar em consideração as condições climáticas nas quais a semente vai permanecer armazenada, o tempo de armazenamento da semente, o valor da semente, a quantidade de semente por embalagem, a modalidade de comercialização da semente, as características mecânicas da embalagem, a disponibilidade no comércio e o custo da embalagem.

ESTRUTURAS DE ARMAZENAMENTO

Adequadas condições de armazenamento para conservação de sementes podem ser obtidas pela localização do arma-

zém em local cujas condições climáticas sejam favoráveis. Todavia, se as condições climáticas forem desfavoráveis ou o período de armazenamento for prolongado, a alternativa será a modificação das condições ambientais (armazenamento sob condições controladas ou emprego de embalagens impermeáveis).

As estruturas de armazenamento variam conforme a importância econômica da espécie, o período e a finalidade do armazenamento e o custo das instalações.

O tamanho da estrutura pode variar de pequenos recipientes, como envelopes de alumínio, ou câmaras *higrostat* (OLIVEIRA et al., 2004) até grandes estruturas de alvenaria providas de sistemas de resfriamento, como os armazéns climatizados, para armazenamento em larga escala.

Armazenamento a granel

Neste caso, podem ser usados tanto os silos de alvenaria, concreto, madeira ou metal, como unidades flexíveis, os sacos graneleiros, fabricados em polipropileno trançado, que são utilizados em casos de emergência, na ausência de outras estruturas, ou por um curto período.

O armazenamento a granel, em geral, é não hermético com ventilação. O método sem ventilação caracteriza-se pela simplicidade operacional e menor custo de implantação, mas só é indicado para regiões de clima seco, devendo as sementes serem secadas até teores de água apropriados. Nesses silos pode ocorrer migração de umidade, havendo risco de condensação. Com o propósito de resfriamento e homogeneização da temperatura interna dos silos, emprega-se a aeração, caracterizada pela movimentação forçada do ar ambiente através da massa de sementes, que é mais econômica do que a ventilação com ar resfriado/desumidificado por não requerer equipamento de resfriamento/desumidificação, mas não pode ser utilizada em todas as condições climáticas.

Armazenamento em sacos

O armazenamento em sacos é realizado em unidades armazenadoras de fundo

plano, onde os sacos de sementes são dispostos em pilhas sobre estrados de madeira ou superfícies impermeabilizadas. É muito importante o controle de roedores (anti-ratização e desratização) e de insetos (desinsetização e expurgo) e, dependendo das condições climáticas da região, o armazém deve possuir condições controladas de temperatura e umidade relativa do ar.

As pilhas de sacaria devem ficar sobre estrados, com espaçamento entre pilhas, bem como entre elas e as paredes e o teto do armazém. Cada pilha deve conter a identificação da espécie, cultivar, número de sacos de cada lote, datas de amostragem e entrada no armazém, além de data e tipo de tratamento aplicado. O cálculo da capacidade do armazém deve levar em conta as áreas de circulação, os espaços entre pilhas, a altura máxima da pilha, além do volume de sementes a ser armazenado.

Em algumas regiões armazéns de sub-superfície e/ou revestimento de tetos com manta asfáltica têm auxiliado na manutenção de temperaturas (Fig. 1).

ARMAZENAMENTO REFRIGERADO

A ventilação em silos também pode ser feita com ar frio com uso de equipamentos de refrigeração. A aeração pode ser realizada com o ar ambiente forçado ou alterado quanto à sua temperatura ou umidade relativa. No primeiro caso, a aeração é empregada para o resfriamento da semente, por meio da equalização entre as temperaturas da massa de sementes e do ar ambiente; no segundo caso, o objetivo é levar a temperatura da massa a valores inferiores ao da temperatura ambiente. O controle adicional da umidade relativa do ar injetado é normalmente requerido, associado à refrigeração, para evitar o acréscimo do teor de água da massa de sementes a ser resfriada.

O resfriamento é realizado pela transferência de calor de um corpo para outro. Grandes massas de sementes, uma vez resfriadas, mantêm inalterada a sua temperatura por tempo considerável. Por outro lado, no caso da formação de focos de aquecimento na massa não resfriada, o calor não

se transmite para fora do silo ou armazém, mantendo-se no interior da massa de sementes.

Tipos de armazenamento refrigerado

No Brasil, os equipamentos mais comumente utilizados para refrigeração de sementes são as unidades refrigeradoras fixas

e as móveis (CARVALHO; SILVA, 1994). As unidades fixas são usadas em um sistema que promove a equabilidade de calor intra-semente e o equilíbrio higroscópico, consistindo na injeção de ar frio e seco no interior da massa de sementes. Esse sistema dispensa o isolamento térmico da estrutura armazenadora, porque trata a massa de sementes que têm excelentes características térmicas de isolamento. Para utilização desse sistema há a necessidade de adequação dos armazéns com túneis subterrâneos para a passagem do ar, e da modificação da maneira usual de empilhamento para permitir a passagem do ar frio e seco do interior para o exterior da pilha.

O sistema de refrigeração, com unidades móveis, consiste no uso de equipamento frigorífico compacto que causa o resfriamento por meio de injeção de ar frio e seco, podendo ser usado em silos ou armazéns. As sementes ou o ambiente são resfriados por meio de injeção de ar frio gerado no equipamento por um ventilador de alta pressão estática. É indispensável a utilização de um sistema de distribuição de ar eficiente e da vedação das paredes dos silos ou armazéns.

Agentes de refrigeração

Agente de refrigeração é o elemento empregado para absorver calor no processo de refrigeração. Considerando-se o efeito da absorção de calor no refrigerante, os sistemas de refrigeração podem ser classificados em sensíveis e latentes.

O processo de resfriamento é denominado sensível, quando a absorção do calor aumenta a temperatura da substância refrigerante e latente, quando o estado físico da referida substância é modificado.

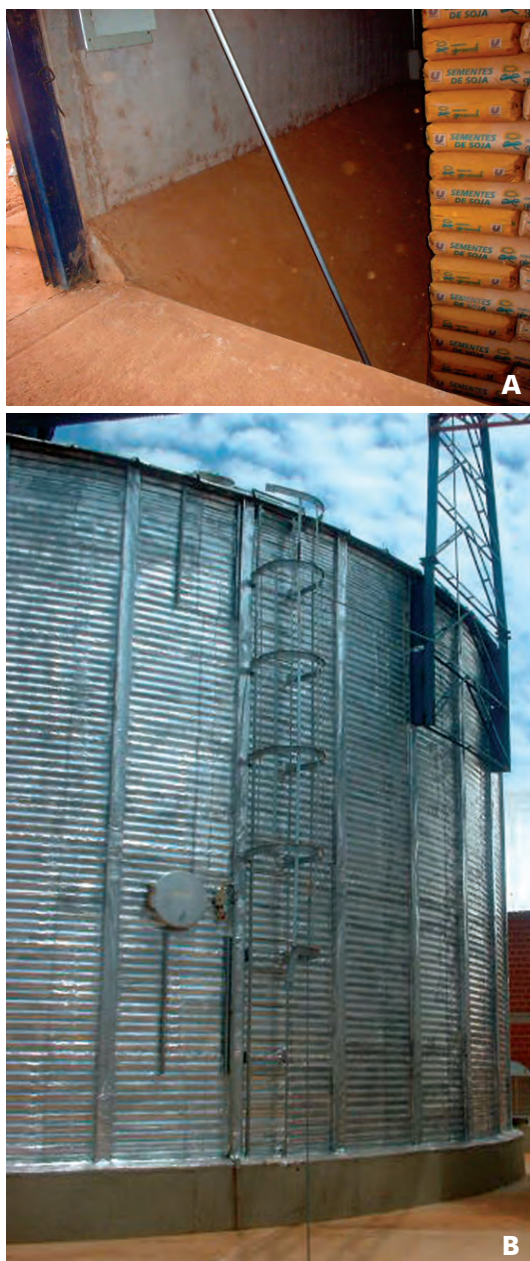


Figura 1 - Exemplos de infra-estruturas para armazenamento em sacos (armazém de sub-superfície) ou a granel (silo metálico)

NOTA: A - Detalhe da parede de armazém escavado ou de subsuperfície; B - Silo revestido com manta asfáltica.

Fotos: Maria Laene Moreira de Carvalho

Os sistemas mecânicos baseiam-se na capacidade dos líquidos de sofrer evaporação, dependendo da quantidade de calor recebida. A temperatura de vaporização do líquido pode ser modificada pelo controle da pressão exercida sobre ele. Um líquido muito utilizado e que tem boas características é o diclorodifluorometano (CCl_2F_2), conhecido também como *freon*.

Desumidificação

A desumidificação do ar no processo de resfriamento é necessária para não causar elevação no teor de água da semente e, conseqüentemente, favorecer a manutenção da qualidade da semente.

Além do emprego de desumidificadores eletromecânicos, pode-se usar outro processo para desumidificar o ar, que consiste no emprego de dessecadores químicos sólidos, como sílica gel, cloreto de cálcio, alumina ativa e sulfato de cálcio anidro.

O tipo de depósito e a embalagem das sementes podem afetar a eficiência da refrigeração. As embalagens mais utilizadas em armazenamento definitivo são feitas de papel multifolhado, mas muitas empresas produtoras de sementes têm utilizado contêineres ou sacos graneliros para acondicionamento antes da embalagem definitiva, para melhor aproveitamento de espaço e diminuição de custos.

CONSERVAÇÃO DE RECURSOS GENÉTICOS

A possibilidade de extinção dos recursos genéticos vegetais está determinando a necessidade absoluta de organização de bancos de germoplasma, para preservar a máxima variabilidade genética vegetal existente.

A conservação de coleções de germoplasma depende da biologia reprodutiva de cada espécie. Para uma espécie que normalmente propaga-se por sementes, o armazenamento a longo prazo é o método usualmente preferido para conservação, por ser mais conveniente, seguro e, atualmente, mais econômico considerando-se os investimentos a longo prazo.

O armazenamento de sementes em bancos de germoplasma consiste na preservação das sementes consideradas recursos genéticos, sob condições controladas de ambiente, o que permite a preservação da qualidade por longos períodos (CARVALHO; PINHO, 1997).

Geralmente, na conservação de sementes em bancos de germoplasma empregam-se baixas temperatura e umidade relativa do ar, sendo mais recentemente empregada a criopreservação para determinadas espécies.

Dois tipos de armazéns são mais comumente usados em coleções de recursos genéticos: aqueles de manutenção da coleção básica, onde as sementes são mantidas à temperatura de -18°C , e os bancos ativos de germoplasma, câmaras frias e secas com temperaturas entre 5°C e 15°C condições de baixa umidade relativa do ar.

Em um banco de germoplasma, é essencial conhecer as características das sementes de cada espécie e cultivar que serão armazenadas, assim como os procedimentos adequados para sua conservação e os métodos apropriados para determinar a viabilidade inicial de cada acesso e a monitoração da sua viabilidade durante o armazenamento.

O monitoramento de bancos de germoplasma deve ser feito em intervalos regulares de tempo, para que, assim que a viabilidade dos lotes comece a decrescer a um nível crítico e antes que ocorram alterações genéticas, seja feita a regeneração para a produção de novas sementes.

O armazenamento de sementes em bancos de germoplasma, independente da modalidade adotada, é uma das garantias da perpetuação das espécies vegetais, da disponibilidade de material genético para pesquisa e conseqüente aumento da produtividade agrícola.

REFERÊNCIAS

BONNER, F.T. Storage of seeds: potential and limitations for germplasm conservation. **Forest Ecology and Management**, v.35, n.1/2, p.35-43, June 1990.

CARVALHO, L.R. de; DAVIDE, A.C.; CARVALHO, M.L.M. de; GUIMARÃES, R.M. Classificação fisiológica de sementes de espécies florestais pertencentes à família Lauraceae quanto à capacidade de armazenamento. **Cerne**, Lavras, v.9, n.1, p.29-37, 2003.

CARVALHO, M.L.M de; PINHO, E.V. de R. von. **Armazenamento de sementes**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 67p. Curso de Especialização, Pós-Graduação "Lato Sensu" por tutoria a distância – Produção e tecnologia de sementes.

_____; SILVA, W.R. da. Refrigeração e qualidade de sementes de milho armazenadas em pilhas com diferentes embalagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.9, p.1319-1332, set. 1994.

ELLIS, R.H.; ROBERTS, E.H. Improved equations for the prediction of seed longevity. **Annals of Botany**, London, v.45, p.13-30, 1980.

EWART, A.J. Seed longevity. **Proceedings of the Royal Society of Victoria**, Melbourne, v.21, n.1, p.1-121, 1908.

HARRINGTON, J.F. Seed storage and longevity. In: KOZLOWISK, T.T. **Seed biology**. New York: Academic Press, 1972. v.3, p.145-241.

LEPRINCE, O.; HENDRY, G.A.F.; MCKERSIE, B.D. The mechanisms of desiccation tolerance in developing seeds. **Seed Science Research**, v.3, p.231-246, 1993.

OLIVEIRA, A.L. de; CARVALHO, M.L.M. de; GUIMARÃES, R.J.; SOUZA, C.A.S.; SILVA, T.T. de A. Conservação de sementes de café (*Coffea canephora* Pierri) cultivar Apoatã-IAC2258 visando a produção de porta-enxertos. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, n.8, p.19-23, jan./jun. 2004. Especial Café.

ROBERTS, E.H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, v.1, p.499-514, 1973.

VILLELA, F.A.; PERES, W.B. Coleta, beneficiamento e armazenamento. In: FERREIRA, A.G.; BORGUETTI, F. (Ed.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.265-281.

TOLEDO, F.F. de; MARCOS FILHO, J. **Manual de sementes: tecnologia da produção**. São Paulo: Agrônômica Ceres, 1977. 224p.

Tratamento de sementes no controle de fitopatógenos e pragas

José da Cruz Machado¹

José Magid Waquil²

Jamilton Pereira dos Santos³

Johann Wilhelm Reichenbach⁴

Resumo - A associação de patógenos e pragas com sementes é um dos principais fatores que causam danos aos cultivos agrícolas e aos agroecossistemas. Além de causar danos diretos nas lavouras, esta relação é capaz de provocar prejuízos de outras formas, inviabilizando quase sempre a continuidade da exploração agrícola em áreas onde estes agentes ocorrem. O tratamento químico das sementes contempla avanços mais expressivos sobre ingredientes ativos, formulações e equipamentos utilizados, visando ao controle das doenças e pragas relacionadas com as sementes.

Palavras-chave: Semente. Patógeno. Praga. Inseto. Tratamento químico. Fungicida. Inseticida.

INTRODUÇÃO

A ocorrência de doenças e pragas, associadas às sementes, é um dos fatores que mais causam danos aos cultivos agrícolas e aos agroecossistemas, sendo um problema de importância crescente em todo o mundo.

Além de reduzir a produção e a qualidade dos produtos, a poluição decorrente do uso inadequado de determinados defensivos agrícolas pode afetar o meio ambiente, o que coloca em risco a saúde humana e animal.

Medidas de combate a pragas e doenças são variáveis e, em geral, envolvem pesados ônus socioeconômicos com reflexos, muitas vezes negativos, para o meio ambiente (NEERGAARD, 1977; MACHADO, 2000).

Especificamente em relação a sementes, vários são os fatores que afetam a sua qualidade. De maneira genérica, o perfil de qualidade de sementes é indicado com base em atributos genéticos e tecnológicos. A qualidade genética está associada aos programas de melhoramento e tem sido alvo de intensos investimentos em capital e esforço humano, resultando em cultivares comerciais de alto potencial produtivo. A qualidade tecnológica envolve todo o sistema de produção e preservação da semente, desde a escolha do campo de produção até a semeadura no campo comercial. Portanto, para a semente expressar todo seu potencial genético, são fundamentais tanto a qualidade tecnológica, quanto as boas práticas agrícolas adotadas na condução da lavoura.

A qualidade tecnológica da semente depende de inúmeros cuidados durante o sistema de produção, da colheita, do armazenamento e dos tratamentos que essa semente recebe para preservar todo o seu potencial de germinação e vigor. Após a colheita, as sementes requerem tratamentos para reduzir a ocorrência de fitopatógenos e de insetos-praga.

BASES BIOLÓGICAS DO TRATAMENTO DE SEMENTES

Conceitos e finalidades do tratamento sanitário

A associação de patógenos e pragas com sementes é um fenômeno já amplamente conhecido em todo o mundo e que tem sido responsável por uma série de consequências danosas, conforme

¹Eng^o Agr^o, Ph.D., Prof. UFLA Dep^o Fitopatologia, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: machado@ufla.br

²Eng^o Agr^o, Ph.D., Pesq. Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 285, CEP 35701-970 Sete Lagoas-MG. Correio eletrônico: waquil@cpms.embrapa.br

³Eng^o Agr^o, Ph.D., Pesq. Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 285, CEP 35701-970 Sete Lagoas-MG. Correio eletrônico: jamilton@cpms.embrapa.br

⁴Eng^o Agr^o, Gerente de Desenvolvimento de Tratamento de Sementes Bayer AgroScience, Rua Verbo Divino, 1207 - Bloco B, CEP 04719-002 São Paulo-SP. Correio eletrônico: johann.reichenbach@bayercropsscience.com

relatado em literatura mais especializada como: Neergaard (1977), Dhingra et al. (1980), Jeffs (1986), Soave e Wetzler (1987), Agarwal e Sinclair (1987), Machado (1988, 1999, 2000), Machado e Pozza (2005), Menten (1991), Maude (1996) e Zambolim (2005) etc., que de forma resumida pode ser visualizada a seguir (MACHADO; POZZA, 2005):

a) no campo de cultivo:

- redução do poder germinativo e nível de vigor das sementes (perdas de estande e maior suscetibilidade das plantas a estresses em geral),
- introdução precoce e aleatória de focos de infecção nas áreas de plantio,
- acúmulo de inóculo no campo (prática de replantio e cultivos em sucessão),
- necessidade de aplicação extra de produtos fitossanitários para o combate de doenças introduzidas nas áreas de cultivo,
- aumento de custos para o combate das doenças introduzidas no campo,
- formação de sementes anormais (estrutura anatômica e composição química),
- produções menores,
- inutilização temporária de áreas para o cultivo de algumas espécies vegetais,
- seleção de populações mais virulentas/agressivas;

b) na pós-colheita:

- contaminação de máquinas e equipamentos de beneficiamento de sementes,
- disseminação de doenças a longas distâncias (ausência de barreiras geográficas para as sementes),
- deterioração de sementes durante o período de armazenamento,
- meio de perpetuação de doenças entre gerações (disseminação no tempo).

Pela conceituação moderna, o tratamento de sementes é subentendido como a aplicação de produtos, químicos, biológicos e agentes físicos diretamente às sementes de maneira isolada ou combinada, ou ainda, o manejo das sementes por meio de processos que possibilitam a melhoria ou garantia do seu real valor cultural e para fins comerciais. De modo geral, o tratamento de sementes pode ser abordado sob dois prismas:

- a) o tratamento protetor ou sanitário, que visa basicamente ao controle de pragas e doenças;
- b) o tratamento funcional, cuja finalidade é garantir o desempenho das sementes, seja por produtos ou processos que não apresentam propriedades biocidas. Enquadram-se nesta categoria a peliculização (*film coating*), com polímeros, peletização, aplicação de corantes, fitormônios, micronutrientes, *Rhizobium*, ou condicionamento osmótico (*priming*) e outras formas de valorização de lotes de sementes. Em todos esses pro-

cessos é importante salientar que há sempre uma agregação de valores ao insumo semente.

No âmbito da fitossanidade, o tratamento de sementes tem como finalidades:

- a) erradicar inóculo infectivo de patógenos e formas parasitas de pragas que estejam associados às sementes, podendo estes organismos ser ou não transmitidos por esta via;
- b) impedir ou dificultar a ação de patógenos e pragas que possam atacar as sementes por ocasião da germinação e fase inicial de emergência de plantas no campo;
- c) proteger as plantas, ainda jovens, contra o ataque de doenças e pragas na parte aérea, cujo inóculo ou formas parasitárias provêm de outras fontes no campo;
- d) evitar a ocorrência de surtos epidêmicos no campo, por meio de redução do inóculo inicial proveniente de semente contaminada ou infectada.

A prática do tratamento sanitário de sementes, pode ser conduzida por meio de diferentes métodos, envolvendo produtos ou processos de natureza química, biológica e física, ou pela combinação destes.

Patógenos e insetos-praga alvos do tratamento

Do grupo dos agentes patogênicos, são alvos do tratamento de sementes grande número de fungos e bactérias e, em número menor, vírus e nematóides como descritos no Quadro 1.

QUADRO 1 - Agentes patogênicos, alvos do tratamento de sementes

(continua)

Cultura	Agente patogênico	Nome da doença
Algodão	<i>Alternaria macrospora</i>	Pinta-preta ou mancha-de-Alternaria
	<i>Botryodiplodia theobromae</i>	Podridão-das-maçãs
	<i>Colletotrichum gossypii</i>	Tombamento e antracnose
	<i>C. gossypii</i> var. <i>cephalosporioides</i>	Tombamento e ramulose
	<i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>vasinfectum</i>	Murcha-de-Fusarium
	<i>Macrophomina phaseolina</i>	Podridão-seca-cinzenta-do-caule

(conclusão)

Cultura	Agente patogênico	Nome da doença
Algodão	<i>Rhizoctonia solani</i>	Tombamento-de-plantas
	<i>Verticillium</i> sp.	Murcha e tombamento
	<i>Aspergillus</i> sp.; <i>A. flavus</i> ; <i>A. ochraceus</i> , etc.	Deterioração em pós-colheita
	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>malvacearum</i>	Crestamento-bacteriano
Arroz	<i>Drechslera oryzae</i>	Mancha-parda e helminthosporiose
	<i>Phoma sorghina</i>	Queima-das-glumelas
	<i>Pyricularia oryzae</i>	Brusone
	<i>Rhynchosporium oryzae</i>	Escaldadura
	<i>Rhizoctonia solani</i>	Queima-das-bainhas
	<i>Aphelenchoides besseyi</i>	Ponta-branca
	<i>Aspergillus</i> sp.; <i>A. flavus</i> ; <i>A. ochraceus</i> , etc.	Deterioração em pós-colheita
Feijão	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Antracnose
	<i>Nematospora coryli</i>	Mancha-de-levedura
	<i>Phaeoisariopsis griseola</i>	Mancha-angular
	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Mofa-branco
	<i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>phaseoli</i>	Murcha-de-Fusarium
	<i>Fusarium solani</i> f.sp. <i>phaseoli</i>	Podridão-radicular
	<i>Rhizoctonia solani</i>	Tombamento e mela
	<i>Macrophomina phaseolina</i>	Podridão-cinzenta-do-caule
	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>phaseoli</i>	Crestamento-bacteriano
	<i>Aspergillus</i> sp.; <i>A. flavus</i> ; <i>A. ochraceus</i> , etc.	Deterioração em pós-colheita
Milho	<i>Cochliobolus</i> sp.; <i>Drechslera turcica</i> ; <i>D. maydis</i>	Manchas-foliare e helminthosporiose
	<i>Colletotrichum graminicola</i>	Antracnose foliar e podridão-do-colmo
	<i>Diplodia (Stenocarpella) zeae</i> ; <i>D. maydis</i> ; <i>D. macrospora</i>	Podridão-do-colmo e espiga-por-Diplodia
	<i>Fusarium moniliforme</i> ; <i>F. verticillioides</i>	Podridão-de-sementes
	<i>Fusarium graminearum</i>	Podridão-do-colmo e espiga-por- <i>Fusarium</i>
	<i>Ustilago zeae</i>	Carvão
	<i>Aspergillus</i> sp.; <i>A. flavus</i> ; <i>A. ochraceus</i> ; <i>A. glaucus</i> , etc.	Deterioração em pós-colheita
	<i>Penicillium</i> sp.	Podridão-de-espiga
Soja	<i>Cercospora kikuchii</i> ; <i>C. sojina</i>	Mancha-púrpura em sementes e requeima-foliar
	<i>Colletotrichum truncatum</i> ; <i>C. dematium</i> f.sp. <i>truncata</i>	Antracnose
	<i>Diaporthe phaseolorum</i> var. <i>sojae</i> ; <i>Phomopsis sojae</i>	Seca-de-haste e vagens
	<i>Diaporthe sojae</i> var. <i>meridionalis</i>	Cancro-da-haste
	<i>Fusarium semitectum</i>	Podridão-de-sementes
	<i>Macrophomina phaseolina</i>	Podridão-cinzenta-do-caule
	<i>Peronospora manshurica</i>	Míldio
	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Mofa-branco
	<i>Heterodera glycines</i>	Nematóide-do-cisto
	<i>Aspergillus</i> ; <i>A. flavus</i> ; <i>A. glaucus</i> ; <i>A. ochraceus</i>	Deterioração em pós-colheita
Trigo	<i>Cochliobolus sativus</i> ; <i>Bipolaris sorokiniana</i>	Mancha-foliar-marrom; helminthosporiose e podridão-radicular
	<i>Giberella zeae</i>	Giberela e podridão-de-raízes
	<i>Leptosphaeria nodorum</i> ; <i>Septoria nodorum</i>	Septoriose; mancha-da-gluma e podridão-do-colmo
	<i>Pyrenophora tritici-repentis</i> ; <i>Drechslera tritici-repentis</i>	Mancha-foliar-amarela
	<i>Pyricularia grisea</i>	Brusone
	<i>Tilletia</i> sp.	Cárie
	<i>Ustilago tritici</i>	Carvão-da-espiga
	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>undulosa</i>	Estria-bacteriana
	<i>Aspergillus</i> sp.; <i>Penicillium</i> sp.	Deterioração em pós-colheita

FONTE: Machado (2000) e Menten et al. (2005).

Em relação a pragas, são alvos do tratamento de sementes dois grupos circunstanciais, o primeiro refere-se ao armazenamento e o segundo ao campo de cultivo.

Entre os insetos que atacam as sementes durante o armazenamento dos cereais em geral destacam-se os gorgulhos ou carunchos (*Sitophilus zeamais* e *Sitophilus oryzae*) e a traça-dos-cereais (*Sitotroga cerealella*). Em arroz e trigo, a espécie *Rhizopertha dominica* é a praga mais importante em associação com sementes. Por sua vez, *Tribolium castaneum*, embora não afete diretamente a germinação, sua presença no lote de sementes é uma indicação de que o tratamento contra pragas não foi muito efetivo. Em feijão, os carunchos *Zabrotes subfaciatus* e *Acanthoscelides obtectus* são as espécies mais importantes. O carunchodas-tulhas (*Aracerus fasciculatos*) é citado como praga importante do café armazenado e infesta também cacau, feijão, milho, amendoim, noz-moscada e frutos secos. Sementes de soja normalmente não são atacadas por insetos durante o armazenamento.

Em geral as pragas associadas às sementes iniciam o ataque ainda no campo, antes da colheita. Caso não sejam controladas nessa fase, afetam, inevitavelmente, o poder germinativo das sementes e podem, com os fungos, inviabilizar a semente durante o armazenamento e prejudicar o desenvolvimento dos *seedlings*. Os insetos prejudicam as sementes diretamente por parasitarem o seu interior, podendo destruir total ou parcialmente o embrião ou seus componentes, e daí afetarem a germinação e o vigor das plantas emergidas.

É importante ressaltar que mesmo não havendo danos diretos ao embrião, as sementes, que apresentam o endosperma atacado por insetos, perdem suas reservas e seu vigor. Outro aspecto nocivo dos insetos é que, ao danificarem as sementes, estas tornam-se mais vulneráveis ao ataque de fungos patogênicos e outras pragas secundárias. Mais informações sobre este tema são apresentados por Howe (1973).

Em condições de campo, as pragas que atacam as sementes ou plântulas podem ser subdivididas em diferentes grupos:

a) insetos de hábito subterrâneo, que atacam as sementes e/ou sistema radicular

Neste grupo estão incluídos:

- cupins-subterrâneos: envolvem os gêneros *Heterotermes*, *Syntermes* e *Proconitermes* (Isoptera: Termitidae), que são insetos sociais, cujas formas ápteras têm hábitos subterrâneos e as aladas, produzidas para revoadas e reprodução logo após as primeiras chuvas da primavera, são conhecidas como aleluias,

- larva-aramé: é a forma imatura de besouros e inclui dois subgrupos, a verdadeira, que pertence ao gênero *Conoderus* spp. (Coleoptera: Elateridae) e a falsa, que inclui várias espécies da família Tenebrionidae (Coleoptera),

- larva-angorá ou peludinha: *Astylus variegatus* (Coleoptera: Dasytidae), é a forma imatura de um besouro. Este tem cerca de 8 mm de comprimento, apresenta élitros de cor amarela, com cinco manchas negras grandes, facilmente observado, alimenta-se de pólen ou de néctar das plantas em geral,

- corós (bicho-bolo ou pão-de-galinha): também são larvas de besouros de várias espécies dos gêneros *Phyllophaga*, *Cyclocephala*, *Diloboderus*, *Eutheola*, *Dyscinetus* e *Stenocrate*, cujos adultos variam de 15 a 25 mm de comprimento e, de acordo com a espécie, a coloração varia desde marrom-brilhante até pardo-escura,

- larvas-de-diabrotica: incluem duas espécies, *Diabrotica speciosa* e *D. viridula* (Coleoptera: Chrysomelidae), cujas larvas preferem alimentar-se nas raízes das gramíneas e tubérculos de batata e os adultos nas folhas de Leguminosae, Cucurbitaceae e Solanaceae,

- percevejo-castanho: inclui duas espécies, *Scaptocoris castanea* e *Atarsocoris brachiariae* (Hemiptera: Cydnidae), cujos adultos podem atingir até 9 mm de comprimento e apresentam, tipica-

mente, as patas anteriores modificadas e adaptadas para escavação e as posteriores com fortes cerdas e espinhos,

- percevejo-preto: *Cyrtomenus mirabilis* (Hemiptera: Cydnidae), que ataca principalmente o amendoim,

- bicheira-do-arroz: *Oryzophagus oryzae* (Coleoptera: Corculionidae),

- pulgão-da-raiz, *Rhopalosiphum rufiabdomilale* (Hemiptera: Aphididae) na cultura do arroz;

b) insetos que atacam a região do coleto das plântulas e causam o típico sintoma de "coração morto"

Este grupo inclui as lagartas que atacam a base das plantas, abrindo uma galeria que, ao destruir o ponto de crescimento, pode provocar o perfilhamento ou a morte da planta principal e envolve três espécies:

- lagarta-elasma, *Elasmopalpus lignosellus* (Lepidoptera: Pyralidae): os adultos, por serem pequenos, passam facilmente despercebidos no ambiente, movimentando-se rapidamente na vegetação rasteira e suas larvas constroem um típico casulo de detritos, onde se escondem à menor ameaça,

- lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae): os danos típicos são no cartucho, mas, sob determinadas condições, podem causar danos na região do coleto,

- broca-da-cana-de-açúcar, *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Pyralidae): embora os danos de suas larvas sejam tipicamente no colmo, infestações logo após a emergência das plântulas podem causar sua morte;

c) insetos sugadores e/ou vetores de fitopatógenos

Este é o grupo mais diversificado, em termos de hospedeiros, que inclui tanto espécies polífagas (grande número de hospedeiros), como o pulgão, *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae), que ocorre no algodoeiro, e a mosca-branca,

Bemisia spp. (Hemiptera: Aleyrodidae), que ocorre nas leguminosas, quanto espécies monófagas como a cigarrinha-do-milho, *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae), que só se alimenta do milho e seus relativos. Estão nesse grupo, ainda, o percevejo barriga-verde, *Dichelops* spp. (Hemiptera: Pentatomidae), que se multiplica na soja, no verão, e ataca as plântulas de milho ou sorgo, na safra; o pulgão-do-milho, *Ropaloziphum maidis* (Hemiptera: Aphididae), que ataca as gramíneas em geral; o pulgão-da-raiz, *Smynthuroides betae* (Hemiptera: Aphididae) e a cigarrinha-verde, *Epoasca* sp. (Hemiptera: Cicadellidae), que atacam o feijoeiro e a ervilha; os tripses, *Trips palmi* e *Frankliniella shultzei* (Thysanoptera: Thripidae), que atacam, respectivamente, o feijoeiro e o algodoeiro; os pulgões, *Methopolophium dirhodum* e *Rhopalosiphum padi* (Hemiptera: Aphididae), que atacam trigo, aveia e cevada; e o pulgão-verde, *Schizaphis graminum*. (Hemiptera: Aphididae), que ataca o trigo e seu “biótipo c” ataca também o sorgo.

MODALIDADES DE TRATAMENTO SANITÁRIO DE SEMENTES

As sementes podem ser tratadas basicamente por produtos químicos, que apresentem propriedades antimicrobianas, por processos ou agentes físicos, que consistem na exposição das sementes à ação do calor ou outro agente físico com propriedades biocidas e por agentes biológicos, com base na incorporação de organismos antagonísticos ou indutores de resistência junto às sementes. Em menor escala, o tratamento bioquímico tem sido praticado em alguns casos (DHINGRA et al., 1980).

A combinação dessas modalidades tem sido uma estratégia recomendável para o controle de alguns patógenos e pragas.

O tratamento biológico, com poucos exemplos práticos, tem sido voltado para a seleção e uso de organismos naturais be-

néficos, principalmente dos grupos de fungos e bactérias, que podem agir como promotores de indução de resistência na planta, ou agindo como antagonistas em relação aos patógenos que se encontram na superfície das sementes ou no solo. A ação antagonística pode ser exercida através de diferentes mecanismos, conforme relatam Rhodes e Powell (1994) e Brandl (2001).

Interesse crescente nesta forma de tratamento é observado em sistemas de agricultura orgânica. Apesar dos altos investimentos em pesquisa nessa área, poucos são os resultados aplicáveis, em razão de resultados conflitantes de estudos realizados em condições controladas e em condições de campo. Alguns exemplos de casos bem-sucedidos são citados por Brandl (2001), ilustrados no Quadro 2.

O tratamento de sementes com agentes físicos, diferente de outras modalidades, é mais comumente direcionado a um limitado número de doenças e pragas. Nem todos os tipos de patossistemas sujeitam-se ao tratamento por calor ou radiações diversas. A termoterapia, uma medida de ação curativa, visa os organismos apenas presentes nas sementes. Não apresenta, portanto, efeito residual para o combate de organismos danosos no solo ou na parte aérea das plantas. Fatores como, condição física e fisiológica das sementes, idade, dentre outros, limitam a aplicação desse tipo de tratamento (DHINGRA et al., 1980; MAUDE, 1996; MACHADO, 2000). Sementes mais

velhas ou com vigor comprometido não se prestam, em geral, a termoterapia. Na prática, o uso do calor é mais direcionado a sementes de hortaliças e algumas espécies ornamentais (MAUDE, 1996). Patógenos do grupo das bactérias e vírus são os mais comumente alvos da termoterapia, sendo água quente e vapor arejado as fontes de calor mais empregadas e eficazes.

Por outro lado, o uso de baixas temperaturas pode ser uma medida a ser empregada para o controle de algumas pragas. A exposição de pequenos volumes de sementes de arroz em congelador (-20°C), por um mínimo de 3 horas, é suficiente para eliminar formas jovens e adultas de ácaros presentes nas sementes, sem prejudicar sua qualidade fisiológica (SOUZA et al., 2000).

O tratamento químico de sementes, por se tornar cada vez mais popular entre os agricultores em todo o mundo, recebe nesta abordagem uma maior atenção, sendo discutido com mais detalhes.

Tratamento químico de sementes para controle de patógenos

Dentre as formas de tratamento de sementes, o químico com fungicidas é o mais difundido pela sua simplicidade de execução, baixos custos relativos e vantagens comparativas com outras formas de aplicação desses produtos (MACHADO, 1999, 2000; MAUDE, 1996).

QUADRO 2 - Exemplos de agentes de controle biológico de fitopatógenos, comercializados em alguns países

Agente de biocontrole	Produto	Patógeno alvo	Cultura
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Biocoat	<i>Fusarium oxysporum</i>	Rabanete
<i>Bacillus subtilis</i>	Kodiak	<i>Fusarium</i> spp. e <i>Rhizoctonia solani</i>	Algodão
<i>Bacillus subtilis</i>	FZB 24	<i>Rhizoctonia solani</i>	Batata
<i>Trichoderma</i> spp.	vários	Doenças de solo	Vários
<i>Pseudomonas chlororaphis</i>	Cedomon	Doenças de sementes	Cereais
<i>Gliocladium virens</i>	GlioGard	Doenças de solo	Hortaliças
<i>Streptomyces griseoviridis</i>	Mycostop	Doenças de solo	Hortaliças

FONTE: Brandl (2001).

Segundo informações⁵ mais recentes, a adoção do tratamento químico de sementes no Brasil, vem aumentando nos últimos anos, havendo para algumas culturas como soja, milho, algodão e trigo, índices percentuais próximos ou iguais à totalidade. Esta tendência é válida para outras culturas.

O emprego de fungicidas em sementes é uma prática antiga, havendo registros de seu início na década de 20, com o uso de organomercuriais (MAUDE, 1996; BRANDL, 2001; MENTEN et al., 2005). Mais tarde, houve a introdução de captan e thiram, que ainda encontram-se em uso para muitas espécies, constituindo fungicidas protetores, considerados padrões pelas suas propriedades.

A introdução de novos fungicidas, com diferentes modos de ação, em doses menores e em formulações mais eficazes e seguras, tem proporcionado opções para o controle de patógenos antes não controlados. Historicamente, o tratamento de sementes apresentou uma grande evolução com a introdução de produtos sistêmicos, caso de carboxin e os benzimidazóis e, mais tarde, os grupos dos triazóis e moléculas afins, metalaxyl e, mais recentemente, fludioxonil, tolylfluanid e as estrobilurinas. Atualmente, há um grande interesse e esforço no desenvolvimento de novas moléculas, cujas formulações comerciais apresentam baixas doses de ingredientes ativos. Em alguns casos, doses de 1 a 5 g de i.a. por 100 kg de sementes já estão sendo avaliadas, e alguns produtos já se encontram em fase de comercialização (MAUDE, 1996; MENTEN et al., 2005). Mais detalhes sobre composição química, mecanismos de ação, toxicidade, etc., dos produtos disponíveis para o tratamento de sementes são encontrados em literaturas mais específicas sobre o assunto (ZAMBOLIM et al., 2003; MACHADO, 2000; MENTEN et al., 2005).

De suma importância para o sucesso do tratamento químico de sementes é o conhecimento prévio do perfil de sanidade e da qualidade física e fisiológica das sementes a serem tratadas. Fungicidas apresentam uma grande variação de espectro de ação, e nem todos podem ser recomendados, pela falta de registro junto aos órgãos oficiais que controlam esse tipo de legislação. Menten et al. (2005) apresentam uma lista dos produtos fungicidas e inseticidas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). De forma resumida e com algumas adaptações, a lista referente a fitopatógenos é apresentada no Quadro 3. A sensibilidade de alguns dos principais gêneros de fungos aos produtos já registrados, e outros com potencial de uso para tratamento de sementes, é indicada na Figura 1.

Tratamento químico no controle de insetos-praga

Pragas de armazenamento

Durante mais de 30 anos, o tratamento de sementes de milho foi realizado com produtos inseticidas organoclorados à base de DDT que, devido a seus efeitos nocivos ao meio ambiente, foi banido para este fim. A partir de 1986, esse tratamento passou a ser realizado com deltametrina ou pirimiphos metil (SANTOS et al., 1986). Dois anos mais tarde, Santos (1988) relata o surgimento de população de *Sitophilus zeamais* resistente à deltametrina, DDT e outros inseticidas clorados e a todos os piretróides, caracterizando dessa maneira resistência cruzada. E isto ocorreu em função do uso prolongado do DDT para tratamento de sementes.

O tratamento de sementes com brometo de metila, foi utilizado durante muito tempo, todavia, por apresentar efeitos tóxicos às sementes em algumas circunstâncias (REDAELLI; CRUZ, 1960), foi substituído pela fosfina. Este fumigante não prejudi-

ca significativamente a semente, se usado até a dose de 16g por tonelada de semente, lembrando-se que a dose atual recomendada para uso em sementes varia de 1 a 2g por tonelada.

Atualmente, as sementes, em sua maioria, são tratadas com fosfina, deltametrina, bifentrina e pirimiphos metil, ao lado de fungicidas e corantes.

Os inseticidas piretróides, deltametrina e bifentrina, e o organofosforado, pirimiphos methyl, estão entre os mais eficazes para controle das pragas que atacam sementes de milho e sorgo durante o armazenamento, embora não sejam ainda registrados para tratamento de sementes de sorgo.

A eficiência e período residual dos inseticidas deltametrina (K-Obiol 2,5%), bifentrina (Prostore 2,5%) e pirimiphos methyl (Actelic 50 CE), aplicados isoladamente ou em mistura, visando ao controle dos insetos-praga como *Sitophilus zeamais*, *Sitophilus oryzae*, *Tribolium castaneum* e *Rhyzopertha dominica* em sementes de sorgo durante o armazenamento, estão registrados no Quadro 4.

O tratamento visando à proteção de sementes de milho, sorgo, trigo e arroz durante o armazenamento pode ser realizado mediante as seguintes indicações:

- para o combate do *Sitophilus zeamais* e *Sitophilus oryzae*, é recomendado o inseticida organofosforado pirimiphos methyl (Actelic), aplicado isoladamente nas doses de 32 a 64 mL p.c./t (mL do produto comercial por tonelada) de sementes. Neste caso, a aplicação da mistura com piretróide pode ser dispensada;
- o combate do *Rhyzopertha dominica*, é realizado com os inseticidas piretróides, deltametrina (K-obiol) e bifentrina (Prostore), aplicados isoladamente nas doses de 40 a 80 mL p.c./t de sementes. Neste caso, a aplicação

⁵Fornecidas pelo Presidente da Associação Brasileira de Sementes e Mudanças (ABRASEM), Dr. Ywao Miyamoto.

QUADRO 3 - Principais fungicidas registrados no Brasil para uso em tratamento de sementes de algumas espécies vegetais

Ingrediente ativo (IA)	Produto comercial (concentração de IA) registrado no Brasil	Cultura com registro
Captana	Captan 200 Captan 750 TS Orthocide 500 Orthocide 750	Me, Mi, Sg Ab, Af, Ag, Am, Fj, Ml, Mi, Pp, Sj, Tg Ag, Am, Tg Ag, Am, Fj, Ml, Pp, Tg
Carbendazim	Carbomax 500 SC Derosal 500 SC	Sj Ag, Fj, Sj
Carbendazim + thiram	Derosal Plus	Ag, Fj, Sj
Carboxina	Vitavax 750 PM	Ag, Am, Ar, Cv, Fj, Sj, Tg
Carboxina + thiram	Anchor SC Vitravax-Thiram PM Uniroyal Vitavax-Thiram 200 SC	Fj, Sj Ag, Am, Ar, Av, Cv, Ev, Fj, Mi, Sj, Tg, Ag, Ar, Av, Cv, Ev, Fj, Mi, Sj, Tg
Difenoconazol	Spectro	Ag, Am, Cv, Fj, Sj, Tg
Fludioxonil	Maxim	Ag, Am, Fj, Mi, Sj
Fludioxonil + Metalaxil-M	Maxim XL	Mi, Sj
Pencicuron	Monceren PM	Ag, Cf
Piraquilona	Fongorene	Ar
Procimidona	Sumilex 500 WP	Ag
Quintozeno	Kobutol 750 Plantacol Terraclor 750 PM	Ag, Am, Fj, Tm, Tg Ag, Am, Fj, Tg Ag, Am, Fj, Tg
Tebuconazol	Raxil 25	Tg
Tiabendazol	Tecto SC Tecto 100	Gr, Sj Ar, Mi, Sj
Tiabendazol + thiram	Tegram	Sj
Tiofanato metílico	Cercobim 500 SC Cercobim 700 PM Topsin 500	Sj Sj Sj
Thiram	Mayran Rhodiauram 500 SC Rhodiarum 700 Thiram 480 TS	Ag, Am, Ar, Fj Ag, Sj, Tg Ag, Am, Ar, Fj, Sj, Sg, Tg Ev, Mi, Sj
Tolifluanida	Euparen M500 PM	Ag, Fj, Mi, Sj
Triadimenol	Baytan 150 SC Baytan 250	Ag, Av, Cv, Tg Av, Cv, Tg
Triflumizol	Trifimine	Tg
Triticonazol	Premis	Cv, Tg

FONTE: Menten (2005).

NOTA: Ab - Abóbora; Af - Alfafa; Ag - Algodão; Am - Amendoim; Ar - Arroz; Av - Aveia; Cf - Café; Cv - Cevada; Ev - Ervilha; Fj - Feijão; Gr - Girassol; Me - Melão; Ml - Melancia; Mi - Milho; Pp - Pepino; Sg - Sorgo; Sj - Soja; Tg - Trigo; Tm - Tomate.

da mistura com organofosforado pode ser dispensada;

c) por sua vez o combate do *Tribolium castaneum* pode ser realizado com o uso dos inseticidas piretróides, deltametrina (K-obiol) e bifentrina (Prostore) aplicados nas doses de 40 a 80 mL p.c./t, combinadas em mistura com pirimiphos methyl (Actelic), nas doses de 32 a 64 mL p.c./t.

Considerando que todas essas pragas podem ocorrer simultaneamente, atacando as sementes de gramíneas em geral, conclui-se que o tratamento das sementes com a mistura de dois produtos: por exemplo, um organofosforado e um piretróide, é um procedimento eficaz. A mistura deve ser preparada no tanque, combinando-se o pirimiphos methyl (Actelic), nas doses de 32 a 64 mL p.c./t de sementes, com a bifentrina ou deltametrina nas doses de 40 a 80 mL p.c./t de sementes. A combinação entre doses mais baixas refere-se à proteção de sementes que serão armazenadas por períodos de até 6 meses.

Pragas de campo - fase de germinação das sementes

Desde a descoberta dos inseticidas organoclorados, nos anos 40, o tratamento de sementes com produtos químicos tem sido uma das principais estratégias utilizadas para o controle das pragas iniciais das culturas em geral.

Os carbamatos como carbofuran e thiodicarb, além de protegerem as sementes, promovem o controle de algumas pragas iniciais até 10 a 15 dias após a semeadura. O uso do thiodicarb no tratamento de sementes é eficiente no controle dos corós, na cultura do trigo e milho (SILVA, 1997a). Ele é também eficiente no controle das pragas iniciais como as lagartas (lagarta-do-cartucho, lagarta-do-trigo, lagarta-rosca) e as cigarrinhas das pastagens (GASSEN, 1997). Na cultura do trigo, o tratamento de sementes pode resultar em incremento de 15% a 31% na produção de grãos (SALVADORI; BARISON, 1997). O tratamento de

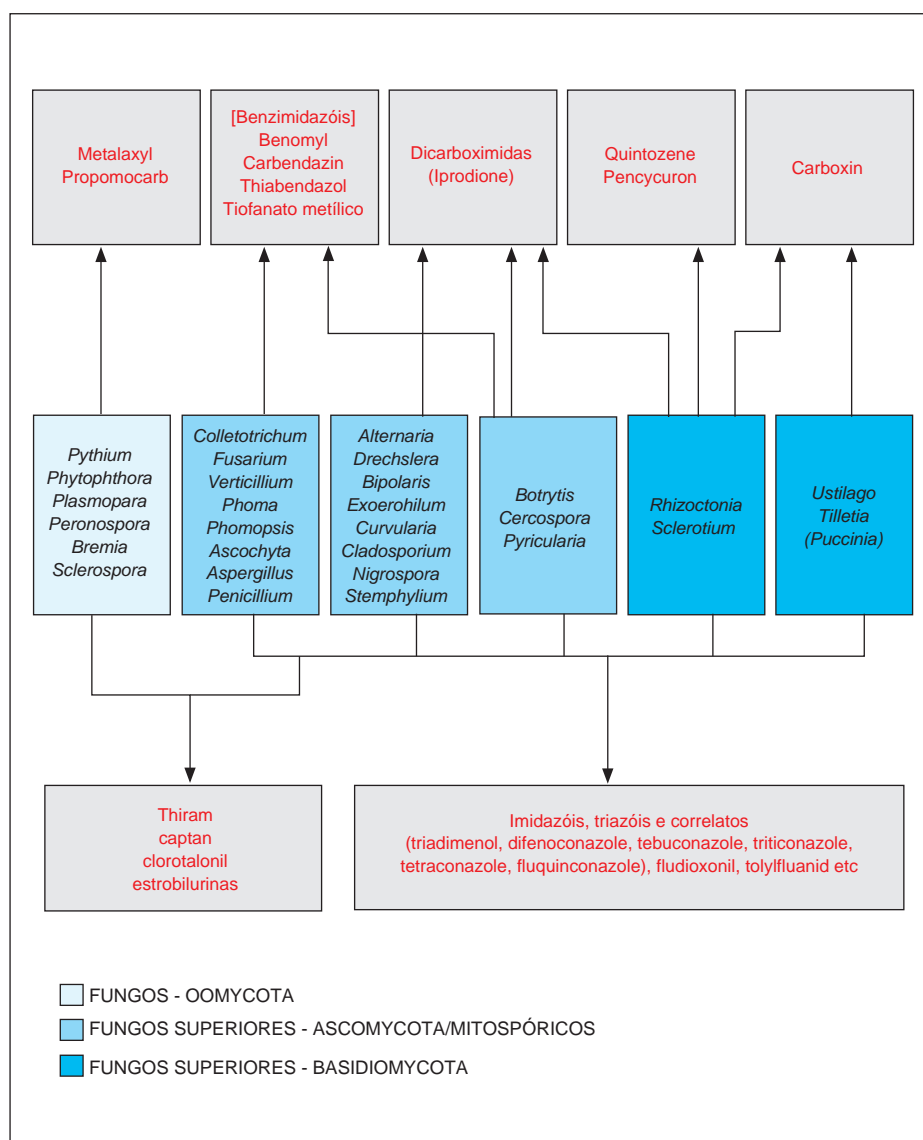


Figura 1 - Indicação de sensibilidade de alguns gêneros de fungos a alguns dos principais grupos de fungicidas usados no tratamento de sementes
 FONTE: Dados básicos: Machado (2000).

QUADRO 4 - Recomendações de tratamento de sementes (dose/tonelada de semente) contra insetos durante o armazenamento

Inseticida	Dose (ppm)	Dose (mL) p.c./t
Bifentrina 2,5 CE (Prostore [®])	1 a 2	40 a 80
Deltametrina 2,5 CE (K-Obiol [®])	1 a 2	40 a 80
Pirimiphos methyl 50 CE (Actelic [®])	16 a 32	32 a 64
⁽¹⁾ Bifentrina 2,5 CE + Pirimiphos methyl 50 CE	⁽¹⁾ (1+16)/(2+32)	⁽¹⁾ (40+32)/(80+64)
⁽¹⁾ Deltametrina 2,5 CE + Pirimiphos methyl 50 CE	⁽¹⁾ (1+16)/(2+32)	⁽¹⁾ (40+32)/(80+64)

(1) Para sementes de milho, sorgo, trigo e arroz que podem ser atacadas por *Sitophilus* sp., *Rhyzopertha dominica*, *Tribolium castaneum*, *Sitotroga cerealella* e de feijão por *Aracerus fasciculatos*.

sementes com thiodicarb, furotiocarb, carbosulfan ou imidacloprid foi eficiente no controle do coró (*Diloboderus abderus*), numa infestação, que varia de 18 a 26 larvas/m² (SILVA, 1997b). Em milho, predomina o tratamento de sementes com carbamatos que, com custo de apenas 4,8% dos insumos, possibilita um aumento de 15% na emergência de plantas. Uma das limitações da atividade do tratamento de sementes, com produtos sistêmicos, está na disponibilidade de água no solo. Sob condição de estresse hídrico, o produto não circula normalmente na planta e sua atividade fica comprometida. Nesse caso, tem-se utilizado a pulverização das linhas de plantio com inseticidas de efeito de choque, como o clorpirifós.

Para sementes de sorgo (BR 303) o tratamento com os inseticidas carbofuran, thiodicarb e fipronil, mesmo depois de 90 dias de armazenamento, não reduzem a germinação e somente o tratamento à base de thiodicarb mais micronutrientes não afeta o vigor das sementes. O fipronil, que pertence à classe dos Phenilpirazoles, tem atividade expressiva sobre os insetos-praga em geral, principalmente aqueles de hábitos subterrâneos e sociais, como os cupins e formigas. Estudos sobre aplicações específicas do tratamento de sementes com inseticidas nas condições brasileiras são relativamente escassos, podendo ser citados Matioli et al. (1978), Takashi e Cícero (1986), Santos et al. (1990), Waquil (1992), Waquil et al. (1986, 1992), dentre outros.

Em vista da introdução de novos grupos de princípios ativos no mercado, percebe-se que o conceito de tratamento de sementes em duas etapas precisa ser revisto. Produtos do grupo dos fosforados, carbamatos e os modernos neonicotinóides (imidacloprid, thiamethoxam, clothianidin e acetamiprid) apresentam espectro de ação mais variável, agindo sobre diferentes pragas em variadas circunstâncias. O grupo dos neonicotinóides tem ação tanto sobre os insetos mastigadores que danificam as sementes e/ou as plântulas, como sobre

os insetos sugadores que atacam as plantas jovens. As propriedades físico-químicas destes produtos permitem uma rápida absorção radicular durante a germinação e nas plantas recém-emergidas. Nas doses recomendadas, a circulação dos neonicotinóides nas plantas promove a proteção contra os pulgões, percevejos, tripes, mosca-branca e minadores de folhas, por até 40 dias (BRANDL, 2001). Ainda segundo Brandl (2001), esse longo período residual tem promovido uma verdadeira revolução no controle de insetos-vetores de patógenos, com um grande benefício para os produtores e para o ambiente, pois os primeiros neonicotinóides comercializados no início dos anos 90 (imidacloprid) têm tido boa aceitação, em vários países da Europa, para o controle de pragas na cultura da beterraba e dos cereais e, na Índia, na cultura do algodão. O thiamethoxan está sendo atualmente usado na América Latina e está em processo de registro para o controle de pragas na cultura da canola, algodão, trigo e sorgo no Canadá e EUA. No Quadro 5, encontram-se os ingredientes ativos de inseticidas e acaricidas mais comumente disponíveis no mercado para o tratamento de sementes.

Alguns fatores que afetam o desempenho do tratamento sanitário de sementes

Entre diversos fatores que podem influenciar o desempenho do tratamento químico de sementes, podem ser destacados: tipo e tamanho (peneira) das sementes, posição e potencial dos agentes biológicos associados às sementes e rizosfera, condição física e fisiológica do lote de sementes a ser tratado, características do solo (acidez, composição química e orgânica, umidade, temperatura, etc.), tipo de formulação do produto comercial e a tecnologia de tratamento. Em maiores detalhes, os primeiros fatores referenciados são discutidos em Jeffs (1986), Maude (1996) e Machado (2000).

Mais modernamente, o desenvolvimento de novas formulações e de equipamentos de tratamento químico de sementes, têm merecido uma atenção crescente pelas indústrias ligadas a estes setores. Neste sentido vale lembrar que a qualidade da aplicação dos produtos sobre as sementes está diretamente relacionada com o residual que se pode atingir com esta tecnologia. Uma preocupação é que os produtos sejam aplicados sobre as sementes de tal

forma que todas recebam a mesma dose e que os defensivos estejam distribuídos uniformemente sobre a sua superfície. Um dos indicadores do desempenho do tratamento químico é o 'residual de tratamento', que significa o período durante o qual o produto confere proteção suficiente à planta em formação, para que esta mantenha os fungos e/ou insetos abaixo de um determinado nível de controle.

No contexto da cadeia de produção e tecnologia de sementes é importante ressaltar as responsabilidades de cada segmento. A produção de sementes é de responsabilidade dos produtores registrados; os produtos sanitários com suas formulações e receitas, das empresas formuladoras de defensivos; o preparo da calda é de competência dos operadores/aplicadores e, os equipamentos utilizados, de responsabilidade das empresas produtoras de máquinas e dos operadores/aplicadores.

Sobre formulações dos produtos químicos para tratamento de sementes, percebe-se uma tendência de evolução acentuada, à medida que a adoção desse tratamento vem crescendo junto aos produtores rurais. É importante lembrar que os investimentos em pesquisa para o desenvolvimento de formulações para tratamento de sementes são mais elevados. Isto se explica pelos graves problemas que podem decorrer do uso de um produto malformulado.

São reconhecidas atualmente no Brasil, para tratamento de sementes, as seguintes formulações:

- a) CF - suspensão encapsulada;
- b) DS - pó seco;
- c) ES - emulsão;
- d) FS - suspensão concentrada;
- e) GF - gel;
- f) LS - solução;
- g) SS - pó solúvel;
- h) WS - pó dispersivo.

Dentre estas formulações, as mais adequadas são as líquidas por facilitarem a dosagem através do volume e favorecerem a aplicação do produto. A formulação FS - suspensão concentrada é a mais encon-

QUADRO 5 - Inseticidas e acaricidas registrados para o tratamento de sementes, no Brasil, por princípio ativo e por número de cultura, pragas-alvo e marcas comerciais

Ingrediente ativo	Marca comercial	Cultura	Praga-alvo
Dissulfoton	1	1	4
Acefate	2	2	11
Carbofuran	4	5	21
Carbosulfan	3	6	18
Benfuracarb	2	3	5
Furatiocarb	1	4	7
Thiodicarb	3	5	14
Fipronil	1	5	10
Imidacloprid	2	8	25
Thiametoxan	1	7	24
Acetamiprid	1	1	1
Chlotianidin	1	4	15

FONTE: Dados básicos: Menten et al. (2005).

trada no mercado para a maioria dos produtos disponíveis para tratamento de sementes. Demais formulações apresentam algumas desvantagens, principalmente no que tange a operacionalidade e riscos para os aplicadores.

Sobre equipamentos para tratamento de sementes, dois sistemas predominam atualmente nesse campo: tratamento pelo sistema de batelada (ou intermitente) e o tratamento por fluxo contínuo. Em ambos os casos existem vantagens e desvantagens, devendo a escolha ser com base na análise da relação custo/benefício. Nestes casos, o volume de sementes a ser tratado, a disponibilidade no mercado e a assistência técnica são fatores decisivos.

O sistema de tratamento por batelada (lote), que consiste na mistura de volumes de sementes e calda dos defensivos, em proporções pré-determinadas, de maneira descontinuada, é realizado mais comumente por meio de tambores rotativos ou be-

toneiras acionados manualmente ou por motor elétrico (Fig. 2A).

Recentemente, com a possibilidade de desenvolvimento de equipamentos monitorados por sensores e pequenos computadores, tornou-se possível a automação desse processo para o caso de tratamento de maiores volumes de sementes. Atualmente, existe uma tendência em empregar essa tecnologia pela qualidade do tratamento e pela facilidade e segurança nas dosagens mais precisas.

No tratamento pelo sistema de fluxo contínuo, tanto as sementes como a calda fluem simultaneamente de forma separada em fluxos pré-determinados até o momento do tratamento, quando entram em contato e passam a formar um fluxo único de sementes já tratadas. A qualidade do tratamento nesse sistema apresenta como avanço a atomização da calda, o que possibilita uma distribuição mais uniforme da calda de defensivos sobre as sementes (Fig. 2B).

Recomendações gerais para o manejo do tratamento químico de sementes no controle de doenças e pragas

- proceder ao tratamento com base em resultados de análises sanitárias e fisiológicas das sementes e no histórico da área, onde será realizado o plantio;
- usar, sempre que possível, misturas de produtos, sendo um protetor e outro sistêmico, com modos de ação complementares, visando evitar o surgimento de populações resistentes dos organismos aos produtos utilizados;
- não exceder ou reduzir as doses recomendadas pelos fabricantes e/ou pesquisa, por razões ecológicas e/ou indução de resistência aos produtos;
- não utilizar produtos com prazo de validade vencido ou expirado. Tais

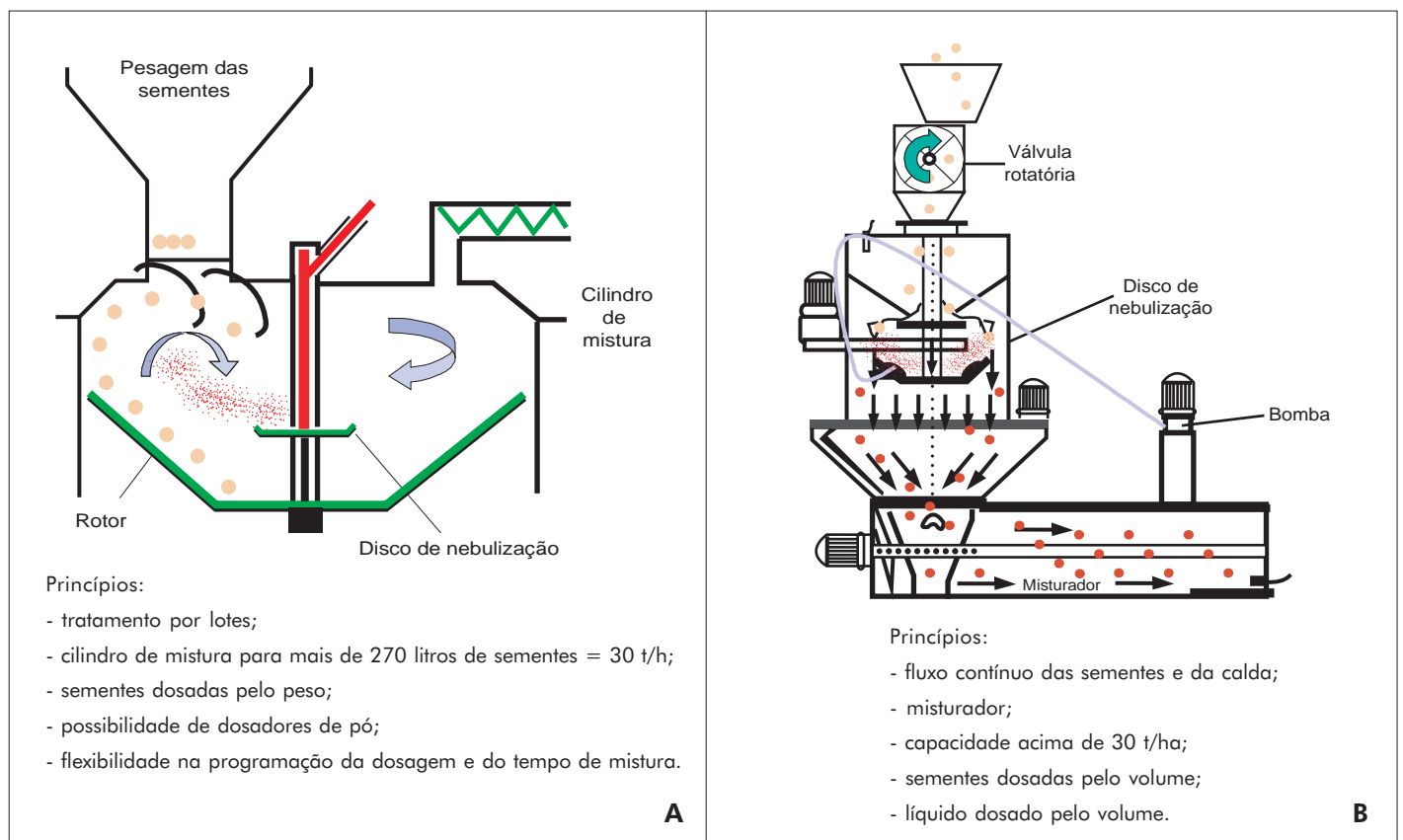


Figura 2 - Equipamentos de tratamento de sementes por batelada e pelo sistema de fluxo contínuo

NOTA: Figura 2A - Tratador profissional sistema em bateladas. Figura 2B - Tratador profissional sistema fluxo contínuo.

- produtos devem ser devolvidos aos respectivos fabricantes para os devidos fins;
- e) armazenar produtos em locais secos, ventilados, na ausência de luz, distantes de rações ou outros tipos de alimentos e fora do alcance de crianças e animais;
- f) em casos onde é recomendável microbiolização, ex. *Rhizobium* sp. em sementes de soja, o produto deve ser aplicado antes do microrganismo. Em áreas com cultivo inicial de soja ou outras plantas que requerem aplicação de *Rhizobium* nas sementes, recomenda-se aplicar o fungicida nas sementes e o microrganismo no sulco de plantio;
- g) a operação de tratamento das sementes deve seguir rigorosamente as normas de segurança, tanto em relação aos operadores como ao ambiente, onde o tratamento é efetuado. Normas específicas sobre este aspecto são amplamente conhecidas e difundidas pela Associação Nacional de Defesa Vegetal (Andef) e demais órgãos de assistência técnica nas regiões;
- h) informações sobre produtos, patógenos e cuidados no manuseio do tratamento químico de sementes devem ser esclarecidos com os técnicos especializados mais próximos da assistência rural local;
- i) sementes tratadas devem ser manuseadas com cuidado para evitar atrito dentro da sacaria e não favorecer o desprendimento de partículas da película que envolve a semente.

REFERÊNCIAS

- AGARWAL, V.K.; SINCLAIR, J.B. **Principles of seed pathology**. Boca Raton: CRC Press, 1987. 2v.
- BRANDL, F. **Seed treatment technologies: evolving to achieve crop genetic potential**. In: BCPC SYMPOSIUM, 76., 2001. **Proceedings... Seed treatment: challenge and opportunities**. Warwickshire, UK: British Crop Protection Council, 2001. p.3-18.
- DHINGRA, O.D.; MUCHOVEJ, J.J.; CRUZ FILHO, J. da. **Tratamento de sementes: controle de patógenos**. Viçosa, MG: UFV, 1980. 121p.
- GASSEN, D.N. Controle de larvas de coró-das-pastagens, *Diloboderus abderus*, com inseticidas no tratamento de sementes de trigo. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE INSETOS DE SOLO, 4., 1993, Passo Fundo. **Anais e ata...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT/SEB, 1997. p.158-159.
- HOWE, R.W. Lose of viability of seeds in storage attributable to infestation of insects and mites. **Seed Science and Technology**, v.1, p.562-586, 1973.
- JEFFS, K.A. **Seed treatment**. 2.ed. Surrey: British Crop Protection Council, 1986. 332p.
- MACHADO, J. da C. **Manejo sanitário de sementes no controle de doenças**. Lavras UFLA, 1999. 82p.
- _____. **Patologia de sementes: fundamentos e aplicações**. Brasília: MEC/ESAL/FAEPE, 1988. 107p.
- _____. **Tratamento de sementes no controle de doenças**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 138p.
- _____; POZZA, E.A. Razões e procedimentos para o estabelecimento de padrões de tolerância a patógenos em sementes. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Sementes: qualidade fitossanitária**. Viçosa, MG: UFV, 2005. p.375-398.
- MATIOLI, J.C.; ALMEIDA, A.A. de; MATIOLI, C.H. Efeitos da infestação de *Sitophilus oryzae* (L., 1763) sobre a germinação de sementes de milho armazenado. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v.3, n.4, p.15-28, dez. 1978.
- MAUDE, R.B. **Seedborne diseases and their control: principles and practice**. Wallingford: CAB International, 1996. 280p.
- MENTEN, J.O.M. (Ed.). **Patógenos em sementes: detecção, danos e controle químico**. Piracicaba: ESALQ, 1991. 321p.
- _____; LIMA, L. C. S. F.; FRARE, V. C.; RAMALHO, A.A. **Evolução dos produtos fitossanitários para tratamento de sementes no Brasil**. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Sementes: qualidade fitossanitária**. Viçosa, MG: UFV, 2005. p.333-374.
- NEERGAARD, P. **Seed Pathology**. London: MacMillan, 1977. 2v.
- REDAELLI, D.C.; CRUZ, F.C. Efeitos do expurgo com brometo de metila sobre a germinação de trigo. **Agronomia Sul Riograndense**, Porto Alegre, v.5, p.61-64, 1960.
- RHODES, D.J.; POWELL, K.A. Biological seed treatments: the development process. In: BCPC. **Seed treatment progress and prospects**. Farnham, 1994. p.303-310. (BCPC. Monograph, 57).
- SALVADORI, J.R.; BARISON, T. Avaliação de inseticida, em tratamento de sementes de trigo, no controle dos corós *Phyllophaga triticeophaga* e *Diloboderus abderus*. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE INSETOS DE SOLO, 4., 1993, Passo Fundo. **Anais e ata...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT/SEB, 1997. p.126-127.
- SANTOS, J.P. dos. Comparação entre populações de *Sitophilus zeamais* quanto a resistência a inseticidas piretróides e fosforados. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 17., 1988, Piracicaba. **Programa e resumos...** Piracicaba: Fundação Cargill, 1988. p.71.
- _____; BITRAN, E.A.; NAKANO, O. Avaliação residual de diversos inseticidas para proteção de sementes de milho contra insetos durante o armazenamento. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 16., 1986, Belo Horizonte. **Anais...** Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1986. p.268-275p.
- _____; 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, v.25, n.12, p.1687-1692, dez. 1990.
- SILVA, M.T.B. Aspectos biológicos, danos e controle de *Diloboderus abderus* (Sturm, 1826). In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE INSETOS DE

SOLO, 4., 1993, Passo Fundo. **Anais e ata...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT/SEB, 1997a. p.65-74.

SILVA, M.T.B. Controle de larvas de *Diloboderus abderus* (Sturn) (Coleoptera: Melolonthidae) via tratamento de sementes de trigo com inseticidas em plantio direto. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE INSETOS DE SOLO, 4., 1993, Passo Fundo. **Anais e ata...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT/SEB, 1997b.

SOAVE, J.; WETZEL, M.M.V. da. (Ed.). **Patologia de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 430p.

SOUZA, J.T. de; MARTINS, L. da S.; MACHADO, J. da C.; REIS, P.R.; COUTINHO, W.M. Uso do congelamento no controle de ácaros associados a sementes de arroz destinadas ao teste de sanidade. **Ciência e Agrotecnologia**, v.24, n.4, p.957-960, out./dez. 2000.

TAKAHASHI, L.S.A.; CÍCERO, S.M. Efeitos da aplicação de inseticidas e fungicidas e suas associações na qualidade de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.8, n.1, p.85-100, 1986.

WAQUIL, J.M. Atração de artropodes subterrâneos por diferentes materiais orgânicos. In: REUNIÃO SOBRE PRAGAS SUBTERRÂNEAS DOS PAÍSES DE CONE SUL, 2., 1992, Sete Lagoas. **Anais...** Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1992. p.183p.

_____; CRUZ, I.; VIANA, P.A. Pragas do sorgo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, ano 12, n.144, p.46-51, dez. 1986.

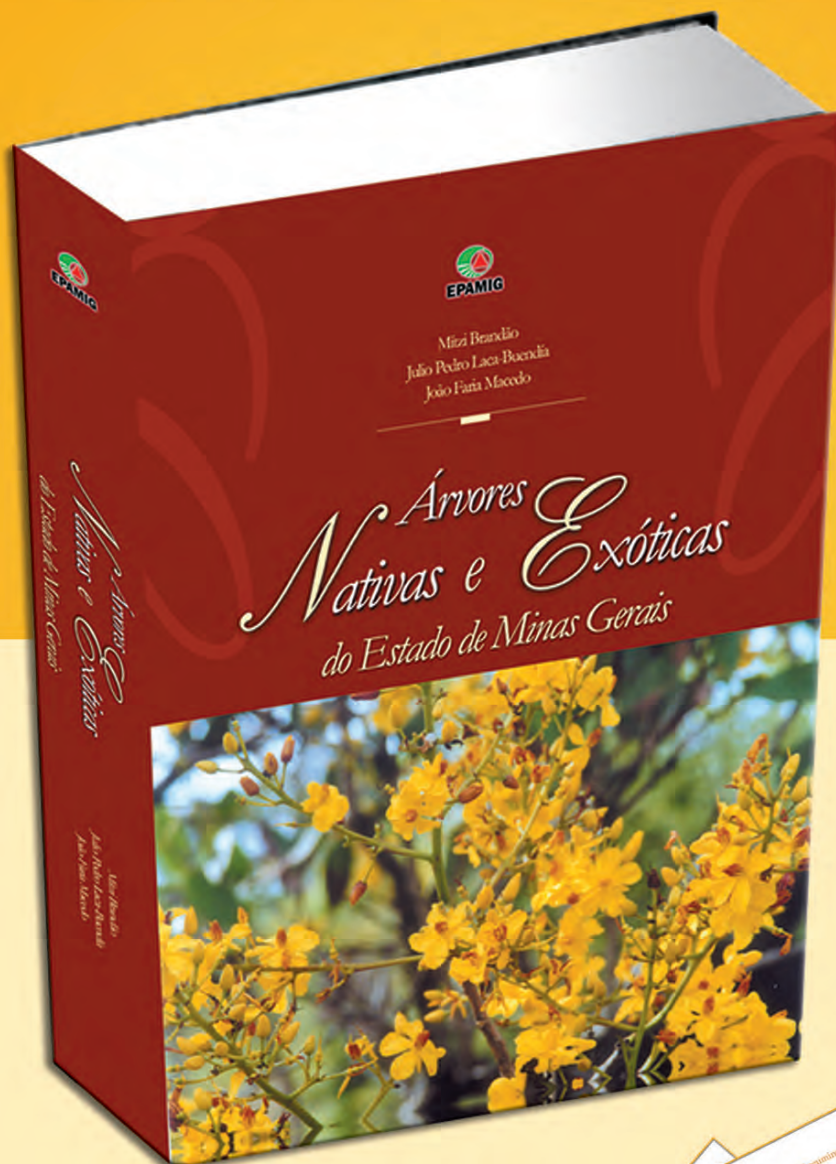
_____; _____.; _____.; SANTOS, J.P.; VALICENTE, F.H.; MATRANGOLO, W.J.R. Levantamento de pragas subterrâneas e sua importância na redução da população de plantas. In: REUNIÃO SOBRE PRAGAS SUBTERRÂNEAS DOS PAÍSES DO CONE SUL, 2., 1992, Sete Lagoas. **Anais...** Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1992. p.133-144.

ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Sementes: qualidade fitossanitária**. Viçosa, MG: UFV, 2005. 502p.

_____; CONCEIÇÃO, M.Z. da; SANTIAGO, T. (Ed.). **O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV/ANDEF, 2003. 376p.

Árvores Nativas e Exóticas

Um livro para os amantes da natureza!

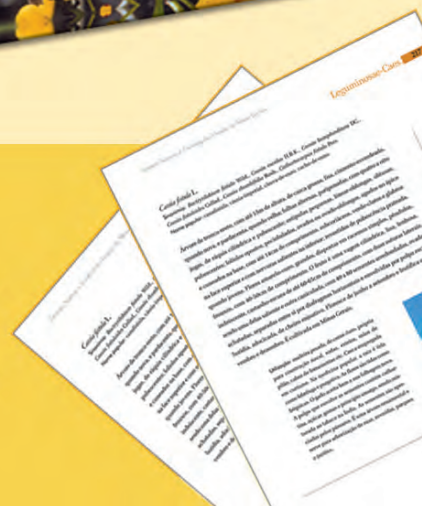


Informações:

EPAMIG/Setor de Publicação

Telefax: (31) 3488-6688

e-mail: publicacao@epamig.br



Técnicas moleculares em sementes

Maria das Graças Guimarães Carvalho Vieira¹

Édila Vilela de Resende Von Pinho²

Kalinka Carla Padovani de Carvalho Salgado³

Resumo - Os problemas que envolvem a comercialização nacional e internacional de sementes, associados ao aumento do número de cultivares registradas, fazem com que testes mais eficientes, seguros e rápidos sejam disponibilizados. A pesquisa na área da Biologia Molecular tem mostrado novas técnicas úteis na obtenção de classes distintas de marcadores que auxiliam na elucidação de fatores que afetam a qualidade de sementes, na manipulação e identificação de material genético, na preservação desses materiais, bem como em estudos que envolvem patógenos-hospedeiros. São descritas as principais técnicas de proteínas e ácidos nucleicos para uso no controle da qualidade genética, inclusive para detecção de OGM, da qualidade fisiológica, da qualidade sanitária, bem como apresentados temas mais recentes relacionados com a genômica funcional. Muitas dessas técnicas já estão disponibilizadas para uso em rotina e outras utilizadas em nível de pesquisa objetivam a elucidação dos mais diversos eventos envolvidos na qualidade de sementes.

Palavras-chave: Semente. Genética molecular. Marcador molecular. OGM. Genoma.

INTRODUÇÃO

O termo qualidade das sementes envolve aspectos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários que, avaliados de maneira integrada, propiciam o conhecimento do valor real e do potencial de utilização de um lote de sementes.

A pesquisa na área de Biologia Molecular, associada ao controle de qualidade de sementes, tem evoluído rapidamente e novas técnicas têm-se mostrado úteis na obtenção de classes distintas de marcadores moleculares. Estes auxiliam na elucidação dos fatores que afetam a qualidade na manipulação e identificação do material genético, assim como na preservação destes materiais. Tais técnicas permitem o monitoramento, durante todo o processo produtivo, eliminando custos e garantindo a qualidade.

MARCADORES MOLECULARES NA QUALIDADE GENÉTICA DE SEMENTES

O aumento no número de cultivares registradas e os problemas que envolvem a comercialização tanto nacional quanto internacional de sementes fazem com que a habilidade de distinguir e identificar cultivares torne-se fundamental para o monitoramento e controle desse comércio.

No Brasil, pela Lei nº 9.456, de 1997 (BRASIL, 1997), foi instituída a proteção de cultivares, que reconhece a propriedade intelectual e os direitos ao titular de materiais genéticos protegidos. Nessa lei, a caracterização de forma precisa da cultivar é um dos pontos essenciais para garantir o direito de propriedade intelectual. Para ser submetida à proteção, a nova cultivar ou

cultivar essencialmente derivada deve-se apresentar distinta de outra, utilizando-se para isso, descritores homogêneos quanto às suas características em cada estágio de desenvolvimento e estáveis quanto à repetição dessas características ao longo de gerações sucessivas. Atualmente, para se submeter uma cultivar à proteção são usados marcadores morfológicos, que apresentam uma série de inconvenientes, como a necessidade de um grande número desses descritores que, na sua maioria, será identificado na planta inteira ou adulta; a necessidade de amplo espaço físico para a avaliação do material; além de possíveis influências do ambiente, onde estão inseridos. Comparados aos morfológicos, os marcadores moleculares mostram-se mais versáteis, rápidos e seguros. Os principais

¹Eng^a Agr^a, D.Sc., Prof^a Tit. UFLA - Dep^o Agricultura, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: sementes@ufla.br

²Eng^a Agr^a, D.Sc., Prof^a Adj. UFLA - Dep^o Agricultura, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: edila@ufla.br

³Eng^a Agr^a, D.Sc., Bolsista FAPEMIG/UFLA - Dep^o Agricultura, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: kaka@ufla.br

para identificação de cultivares e da pureza genética envolvem a análise de proteínas e de ácidos nucleicos (DNA e RNA).

A utilização da eletroforese de proteínas em identificação de cultivares baseia-se no fato de que estas são produtos dos genes e, portanto, podem ser consideradas como marcadores para os genes que as codificam. Na maioria das espécies, proteínas de armazenamento de sementes exibem considerável polimorfismo com relação a carga, tamanho ou ambos os parâmetros. Além do mais, elas são codificadas em vários loci, estão presentes comparativamente em grandes quantidades e prontamente extraíveis. No caso de espécies autógamas pode ocorrer uma base genética estreita, dificultando a certificação da pureza genética pelo uso dessa técnica. Nas espécies alógamas, as populações de indivíduos expressam uma ampla variedade de caracteres fenotípicos. Estes indivíduos podem ser geneticamente distintos e conterem diferentes combinações de loci em homozigose e heterozigose, incluindo aqueles que codificam para proteínas de armazenamento e isoenzimas. Nesse caso, é indicada a análise em *bulk*, para que se tenha todo o genoma da população representado.

As isoenzimas, por sua vez, devem ser usadas com muito critério para esse fim, pois determinados sistemas enzimáticos podem apresentar variações em função do estágio de deterioração em que as sementes se encontram ou quando da presença de microrganismos em associação com as sementes.

Existem diversas tecnologias com base no polimorfismo do DNA utilizadas para identificação de cultivares e determinação da pureza genética em lotes de sementes. A principal vantagem do uso de DNA é que ele não é afetado pelo ambiente, o que permite uma análise mais objetiva e precisa. Dentre as técnicas utilizadas, destacam-se:

a) *Restriction Fragment Length Polymorphism* (RFLP) - fragmentos de restrição de segmentos polimórficos;

b) *Random Amplified Polymorphic DNA* (RAPD) - polimorfismo do DNA amplificado ao acaso;

c) microssatélites ou *Simple Sequence Repeat* (SSRs) - seqüência simples repetida;

d) *Amplified Fragment Length Polymorphism* (AFLP) - fragmentos de comprimento polimórfico amplificado;

e) *Single Nucleotide Polymorphism* (SNP) - polimorfismo de um simples nucleotídeo).

A técnica de RFLP propicia alto nível de discriminação entre indivíduos, alta reprodutibilidade e tem apresentado resultados positivos, quando da sua utilização na identificação de cultivares de milho e soja. No entanto, para espécies como tomate e trigo, Foolad et al. (1993) e Mukhtar et al. (2002) têm revelado que essa técnica não detecta muita variação, o que pode inviabilizar sua utilização na identificação e certificação da pureza genética dessas espécies. Apesar dessas vantagens, a análise de RFLP é lenta, requer grande quantidade de material da planta, exige trabalho intensivo, muito espaço em laboratório e apresenta custo elevado, o que restringe seu uso em programas de controle de qualidade para certificação da pureza genética.

Métodos que se baseiam em *Polymerase Chain Reaction* (PCR) – reação em cadeia da polimerase –, tais como RAPD, AFLP, microssatélites (SSR) e SNP, têm sido preferencialmente utilizados para análise da pureza genética e, uma vez que pequenas quantidades de DNA são requeridas, os perfis podem ser obtidos mais rapidamente do que com RFLPs. Desses métodos, o RAPD é o menos aceito, devido ao baixo grau de complementaridade entre o *primer* e a seqüência de DNA alvo, o que torna o teste de difícil padronização. O baixo anelamento do *primer* também resulta em falhas na amplificação de algumas bandas parentais do híbrido em F1. Sobretudo falhas na reprodutibilidade de resultados, comprometem grandemente a

precisão e a praticidade do uso de RAPDs para análise de pureza genética, fazendo com que esse método seja utilizado com grande cuidado. No entanto, o RAPD tem sido bastante utilizado em etapas iniciais de diferenciação e, após a detecção de polimorfismo, produtos RAPDs são clonados e seqüenciados, redesenhando *primers* PCR, mais longos e então convertendo esses marcadores “ao acaso”, para regiões amplificadas caracterizadas por seqüência – marcadores *Sequence Characterized Amplified Regions* (SCARs). Nesse caso, a amplificação da seqüência específica do DNA ocorre em temperaturas de pareamento mais elevadas, o que torna o processo mais reproduzível.

A tecnologia AFLP combina, em parte, as técnicas RFLP e RAPD. Nessa técnica, o DNA é clivado com enzimas de restrição e os fragmentos obtidos são amplificados por PCR a partir de *primers* complementares aos adaptadores que foram previamente ligados às extremidades dos fragmentos. Dessa forma, a maioria das dificuldades apresentadas em RAPD é resolvida, pelo uso de condições de alta adstringência para o anelamento do *primer* PCR. Ressalta-se, no entanto, que tanto RAPD, quanto AFLP são marcadores dominantes, o que torna sua utilização um problema prático para análise de pureza genética, uma vez que os heterozigotos podem não ser detectáveis.

SSRs ou microssatélites consistem de pequenas seqüências, com 1 a 6 nucleotídeos de comprimento, repetidas ao longo do genoma, podendo ocorrer tanto em regiões codificadoras, quanto em regiões não codificadoras. Devido a erros (inserções/deleções) durante o processo de replicação do DNA, que normalmente ocorrem mais freqüentemente nessas regiões repetidas do genoma, os microssatélites são normalmente polimórficos. As regiões contendo seqüências simples repetidas são amplificadas individualmente por meio de PCR, pela utilização de um par de *primers* específicos que são complementares às seqüências únicas que flanqueiam os

microsatélites. Essas regiões do genoma que contêm a seqüência repetida devem ser inicialmente identificadas, isoladas e seqüenciadas, o que demanda tempo e eleva o custo operacional. Ao contrário do RAPD e AFLP, lócus SSRs são codominantes, multialélicos, ou seja, todos os alelos de um determinado lócus podem ser detectados e discriminados, além de ser estáveis. Segundo Padilha (2002), a diferença na amplitude alélica entre os lócus, associados à precisão conferida pelo sistema semi-automatizado, permite a combinação de seis lócus em uma única linha do gel, garantindo a obtenção de um *finger-printing* com maior poder de discriminação. Lopes (2003) afirma ser a técnica de microsatélite eficiente para discriminar híbridos dos seus respectivos parentais, bem como detectar misturas de proporções de DNA, até um nível de 1:8. A detecção de mistura de até 1:40, segundo este autor, varia em função do *primer*. Dessa forma, os SSRs são muito informativos e os mais indicados para a obtenção de *fingerprints*, para obtenção de proteção intelectual de cultivares.

Apesar de a tecnologia SSR ser onerosa em sua implementação, há de se ressaltar que no caso de plantas, estão disponibilizados no mercado pares de *primers* para diversas espécies de interesse econômico, o que viabiliza o seu uso na identificação e análise de pureza genética. Marcadores SSRs também têm sido utilizados para de-

tectar a contaminação genética em campos de produção de sementes (Fig. 1).

Já a SNP é uma técnica molecular capaz de diferenciar indivíduos pela variação em apenas um nucleotídeo, isto é, eles podem detectar alelos que se diferenciam por um par de bases. A grande vantagem dos SNPs, em comparação aos outros marcadores, reside na abundância de polimorfismos entre alelos de um determinado gene. Polimorfismos de SNPs têm sido encontrados um a cada 256 pb em cultivares de arroz. Em milho, um a cada 70 pb. No entanto, uma determinada pesquisa revelou que no cromossoma um, dessa espécie, ocorre em uma taxa de um a cada 104 pb.

Apesar da recomendação do uso de marcadores bioquímicos pela *International Seed Testing Association* (ISTA) e pela *Association of Official Seed Analysts* (AOSA) e da gama de técnicas disponíveis, a escolha do método molecular a ser utilizado vai depender da estrutura genética de cada espécie, do seu modo de reprodução, do tamanho do seu genoma e, sem dúvida, da relação custo/benefício. Há de se ressaltar ainda a necessidade de investimentos nessas tecnologias, de forma que venha a adaptá-las e disponibilizá-las para uso em análises rotineiras de laboratório.

Outro ponto a ser considerado na certificação da pureza genética é a quantidade de sementes a ser utilizada em análises de rotina, quando da utilização desse tipo de técnica, pois a necessidade de analisar de

forma rápida grande quantidade de lotes, faz desse aspecto um dos principais questionamentos a ser resolvido. De acordo com Lopes (2003), a amostragem seqüencial possibilita a redução do tamanho de amostra em relação ao tamanho de amostra fixa, para lotes de sementes acima de 1% de mistura varietal, bem como atesta a pureza genética de lotes de sementes, com riscos iguais para o produtor e o consumidor.

A liberação de plantas transgênicas para o cultivo e consumo humano e animal tem sido um dos temas que predominam nas discussões científicas, éticas, econômicas e políticas na atualidade. Diante da grande demanda de sementes transgênicas em função do aumento da área cultivada, bem como da opção pela não-adoção de transgênicos por parte de alguns agricultores, há necessidade de um eficiente controle de qualidade para a obtenção de sementes com alta pureza genética, levando-se em conta que estas são o veículo dessa tecnologia. É preciso que se utilizem técnicas seguras para a detecção, identificação e quantificação de sementes transgênicas presentes em diferentes proporções em lotes de sementes de diferentes espécies.

A identificação de transgênicos também se faz necessária, quando se trata de aspectos legais, como o patenteamento de genes envolvidos nas construções gênicas, a proteção de cultivares e em questões judiciais envolvendo o pagamento de *royalties*.

A partir de 1997, testes para a detecção, identificação e quantificação de transgênicos têm sido desenvolvidos. Os métodos mais conhecidos e utilizados comercialmente são os de *Enzyme Linked Immunosorbent Assay* (Elisa) e aqueles com base na reação de PCR. Dentre os métodos que têm sido desenvolvidos e que ainda não foram disponibilizados para uso em rotina, destacam-se os *chips* de DNA ou *microarrays*.

O teste Elisa visa a detecção de organismo geneticamente modificado (OGM) e tem como princípio que a proteína que caracteriza o indivíduo transgênico é reconhecida pelos anticorpos presentes no meio e

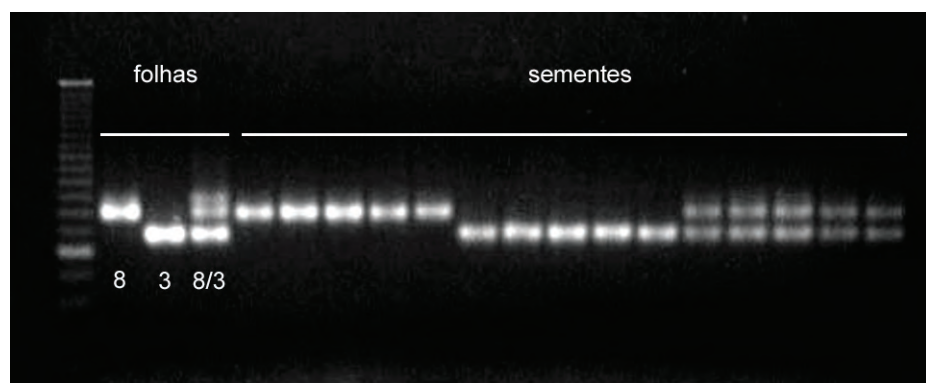


Figura 1 - Padrões de microsatélites de linhagens e híbrido de milho pelo *primer* bnlg2291 em folhas e sementes (5 repetições) - Ufla, Lavras, MG, 2000
 FONTE: Salgado (2001).

revelada pela reação enzima – substrato. O teste pode ser executado em tiras ou em placas.

No teste de tiras, o OGM é identificado pela detecção da proteína específica produzida pelo transgênico, a exemplo das Cry9C, CryAB e PAT, em milho, e EPSPS CP4, em soja. Esse teste fornece resultados qualitativos, presença ou ausência, usando os anticorpos e reagentes de cor, incorporados na tira-teste, que é normalmente de nitrocelulose e no qual o anticorpo de captura da proteína alvo está agregado. A esse anticorpo estão ligadas partículas de ouro ou látex (Fig. 2).

Quando a tira é inserida no recipiente que contém a amostra, o extrato começa a migrar através da membrana. Estando a proteína alvo presente no extrato, esta se ligará aos anticorpos marcados com ouro ou látex. Com a contínua migração, a proteína alvo, já ligada ao anticorpo marcado, alcança a linha teste da tira. Nessa linha a proteína se ligará a um segundo anticorpo específico, formando um sanduíche com a proteína alvo e os anticorpos (Fig. 2). Quando a amostra não contém a proteína alvo, não é formado o sanduíche e, conseqüentemente, não ocorrerá a reação na linha teste, permanecendo esta não visível. Nesse caso só aparecerá a linha controle, que

se forma pela presença do anticorpo marcado com ouro ou látex e serve para confirmar que o teste foi realizado com sucesso. Dessa forma, quando da interpretação do teste, o aparecimento de apenas uma linha indica amostra negativa e duas linhas a presença do OGM.

Atualmente, o teste em tiras é o mais utilizado no mercado de grãos e sementes, por ser rápido, de fácil aplicação e de baixo custo, sendo usado inclusive pela *Federal Grain Inspection Service (FGIS)*, nos Estados Unidos, que é tido como critério oficial pelo governo americano para a detecção de milho transgênico. Por outro lado apresenta como desvantagens, ser específico para detectar apenas um evento por teste e sua disponibilidade no mercado se restringir às características mais utilizadas como soja RR e milho Bt. A FGIS estimou que esses podem detectar a presença da proteína Cry9C em milho, no nível de 0,125%.

A outra versão do teste Elisa, em placas, possibilita resultados qualitativos e quantitativos. Nesse teste, anticorpos específicos para a proteína alvo estão aderidos aos poços da placa utilizada. Por ocasião da adição da amostra aos poços da placa, a proteína alvo se liga aos anticorpos anteriormente referidos. Após alguns minutos é feita uma lavagem retirando todo o mate-

rial não ligado aos anticorpos. Um segundo anticorpo conjugado com uma enzima é adicionado ligando-se também à proteína alvo, formando um sanduíche anticorpo-proteína-anticorpo. É realizada nova lavagem retirando todo material não ligado. Posteriormente, é adicionado um substrato específico para a enzima conjugada com o segundo anticorpo, e o produto dessa reação é detectado em função do desenvolvimento de coloração. Quanto mais escura resultar a reação maior a concentração da proteína alvo na amostra. A quantificação da proteína alvo normalmente é realizada por um espectrofotômetro e os resultados comparados com a amostra padrão.

Esse teste apresenta, como principal vantagem, a possibilidade de quantificação de OGMs na amostra; e como desvantagens o tempo gasto e a necessidade de ser realizado em laboratório, pois necessita de equipamentos sofisticados, a exemplo de espectrofotômetro e mão-de-obra especializada.

As técnicas que se baseiam no teste Elisa, tanto em tiras como em placas, apresentam barreiras na sua aplicação, como o conhecimento estrutural das novas proteínas expressas, além da disponibilidade de anticorpos para cada novo evento gerado.

A técnica PCR para a análise de OGM baseia-se na amplificação de um segmento da construção gênica inserida na planta. A construção gênica contém várias seqüências com distintas funções. Dessa maneira, o segmento a ser amplificado pode ser o promotor, o terminador, o marcador de seleção, o gene de interesse agrônomico ou outra região porventura inserida. A detecção de OGMs, utilizando-se metodologias PCR, podem ser de caráter qualitativo e/ou quantitativo.

A PCR com caráter qualitativo tem como objetivo a detecção e/ou identificação de OGMs presentes em uma amostra. Dois sistemas, utilizando PCR qualitativo, são distinguidos. O sistema de *screening*, com o objetivo de detectar, e o sistema específico, que, além de detectar, identifica o evento presente na amostra.

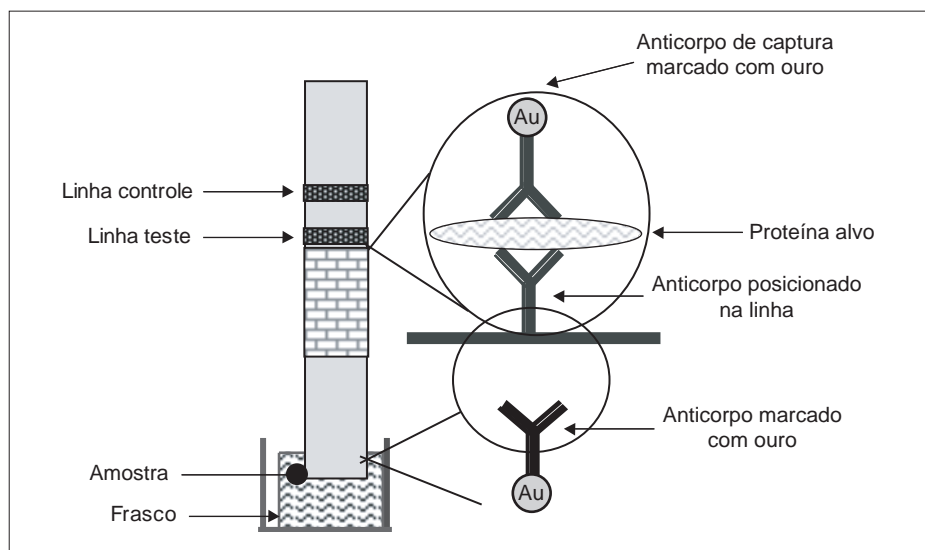


Figura 2 - Representação do teste Elisa em tiras

FONTE: Dados básicos: Ambrozevicius (2001).

NOTA: Elisa - Enzyme Linked Imunosorbent Assay.

Pelo sistema de *screening* é detectado um segmento de DNA comum à maioria das construções gênicas. Normalmente, as regiões mais utilizadas são os promotores, como o 35S CaMV, e os terminadores, como o gene da nopalina sintase (NOS). A maioria dos eventos transgênicos autorizados para a comercialização é detectado pelo convencional uso de *primers* que se anelam na região do promotor 35S.

Pelo sistema PCR específico é identificada a sequência do gene introduzido, o qual confere a característica fenotípica diferencial do transgênico em relação à planta convencional, ou outra sequência exclusiva à construção gênica inserida. Por esse método é possível identificar a presença de um evento específico por reação de PCR.

A maioria dos laboratórios que realizam a análise de transgênicos tem identificado sem dificuldades os genes mais comuns introduzidos nas espécies mais cultivadas, a exemplo do milho Bt, soja RR, algodão OGM ou batata Bt. No entanto, alguns laboratórios têm apresentado certa dificuldade em identificar novos OGMs. Apesar dessas dificuldades, as técnicas com base em PCR, tanto *screening*, na detecção de OGMs com alta sensibilidade, como o específico, na exata identificação do evento OGM presente na amostra, têm sido reconhecidas e amplamente utilizadas.

Outra otimização da técnica PCR, para a identificação de transgênicos, é a tecnologia de PCR multiplex, na qual são amplificadas simultaneamente, em uma reação, múltiplas sequências alvos com a utilização de um grupo de *primers*.

Em relação às metodologias PCR com caráter de quantificação de OGMs, destacam-se a semiquantitativa e *real-time*.

Na técnica de PCR denominada semiquantitativa, utiliza-se a mesma metodologia do PCR qualitativo, porém, após a amplificação, faz-se a comparação visual da intensidade da banda obtida na amplificação da região transgênica, com bandas de amostras de concentração de OGMs conhecidas.

Na técnica PCR *real-time* a amplificação e quantificação do DNA alvo, são realiza-

dos simultaneamente com base na emissão de fluorescência, a partir da ação da DNA polimerase sob a sonda *taq-man* anelada à sequência alvo.

Na PCR *real-time*, são utilizados dois *primers* que flanqueiam a região a ser ampli-

ficada, além de uma sonda marcada com fluorescência, que se anela à sequência alvo a cada ciclo. Durante a amplificação da sequência esta sonda libera fluorescência, como ilustrado na Figura 3. A fluorescência emitida pela sonda é instanta-

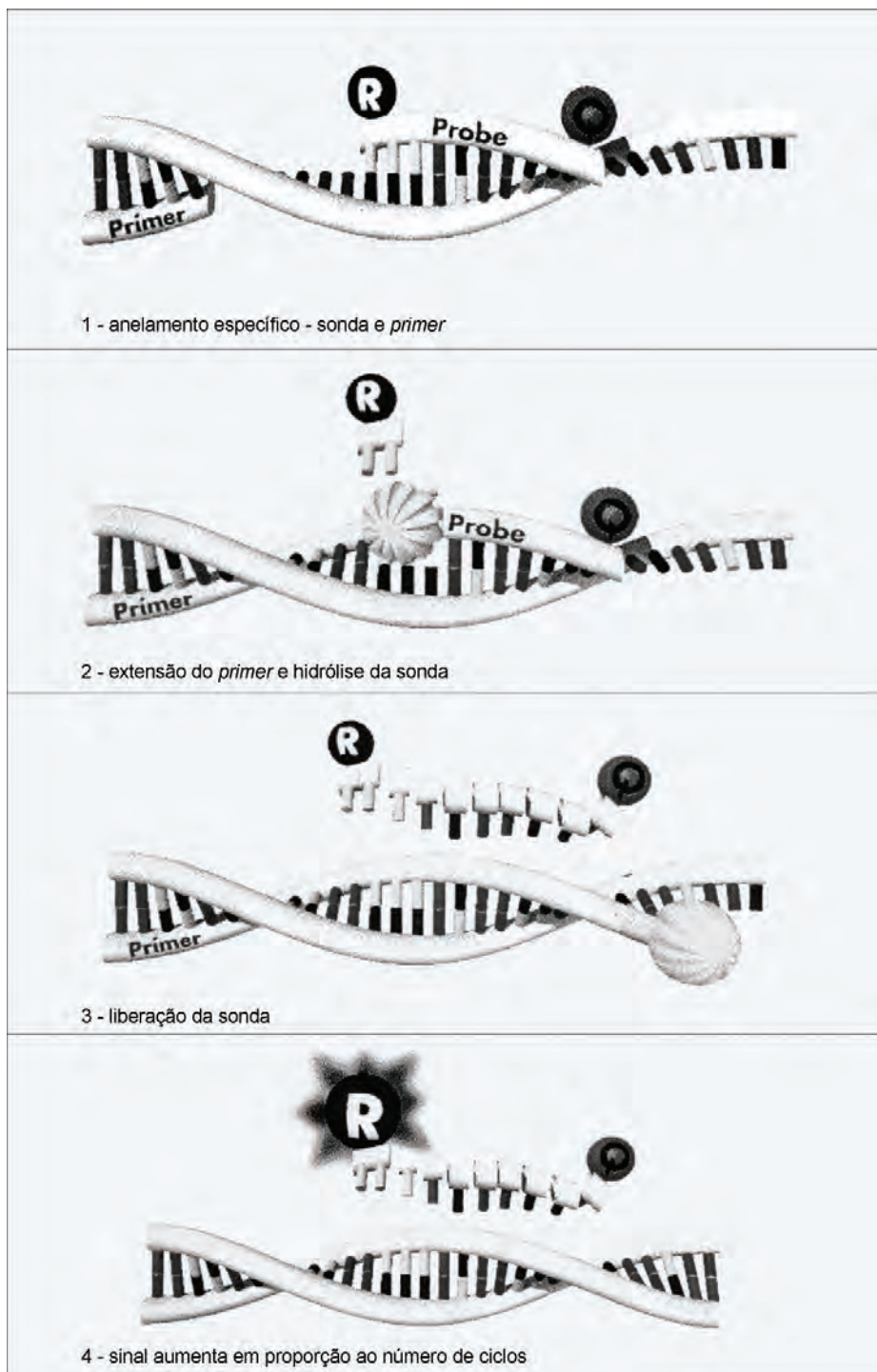


Figura 3 - Sequência da liberação da fluorescência pela sonda no PCR *real-time*

FONTE: Dados básicos: Ambrozevicius (2001).

NOTA: PCR - Polymerase Chain Reaction.

neamente medida por termocicladores que possuem recurso de instrumentação ótica. O termociclador é acoplado a um computador que por meio de um *software* informa a cada ciclo o número de cópias da região alvo amplificada. Esse método foi submetido à validação por meio da análise de sementes de colza resistentes à herbicida. O método foi considerado adequado para quantificar contaminações em sementes com níveis abaixo de 0,1%.

A PCR *real-time* possui custo mais elevado que a PCR convencional, porém consome menor tempo para sua realização e passível de automatização.

Considerando todos os métodos que envolvem a PCR, esses são mais sensíveis que o teste Elisa, tanto para a detecção, identificação, como para a quantificação.

Já a tecnologia de *microarrays*, também conhecida como técnica de *biochip* de DNA, foi desenvolvida com o objetivo de determinar, se um gene específico está sendo transcrito. Na análise de transgênicos é utilizada para identificar a presença de um gene que está-se expressando.

Nos *microarrays* são utilizados arranjos de DNA em suportes sólidos, normalmente vidro, aos quais estão fixadas, de forma ordenada e conhecida, seqüências completas ou parciais de genes que caracterizam um evento transgênico.

A partir do RNA extraído das células da amostra a ser analisada são produzidas sondas de cDNA via transcrição reversa na presença de um nucleotídeo radioativo, que permite sua detecção posterior. As sondas são hibridizadas contra os arranjos de DNA e quanto maior a expressão de um gene, maior será o número de moléculas de mRNA e, conseqüentemente, maior o número de cDNAs desse gene marcado com a sonda, o que promove uma maior intensidade do sinal derivado da sonda hibridizada. Os resultados são produzidos sob forma de diferentes intensidades de fluorescência que são captadas por microscopia de fluorescência a *laser*, em função de diferentes níveis de expressão de cada gene.

Algumas companhias estão investindo em pesquisas nessa área, com o objetivo de comercialização dos *biochips* de arranjos de DNA contendo um número elevado de genes presentes em transgênicos.

Vale ressaltar que a ISTA está preparando um manual de regras para detecção, identificação e quantificação de OGM em lotes de sementes. Este manual não conterá, a princípio, métodos específicos, mas definirá um nível de reprodutibilidade mínimo exigido, para que sejam emitidos certificados em nível internacional.

MARCADORES MOLECULARES NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES

A integridade e o metabolismo celular dependem da grande variedade de enzimas e proteínas estruturais de cada espécie. Pesquisas têm sido desenvolvidas para detectar as diversas reações metabólicas que envolvem síntese e degradação de moléculas durante o desenvolvimento, a germinação e a deterioração de sementes. No processo de morfogênese, tem sido utilizado marcadores moleculares, como a β -tubulina, com a finalidade de acompanhar as seqüências de processos que ocorrem durante a divisão celular. A atividade da β -tubulina pode ser detectada pelas técnicas de imunodeteção. Esse tipo de análise tem gran-

de aplicação em pesquisas relacionadas com envigoramento de sementes e em estudos de tolerância à dessecação.

Durante a fase de maturação das sementes, a análise do acúmulo de materiais de reserva por meio de marcadores moleculares pode fornecer indícios da qualidade das sementes. Proteínas termoestáveis, como as proteínas *late embriogenise abundant* (LEA), têm sido utilizadas como um dos indicativos de tolerância à dessecação e a atividade da enzima α -amilase, como marcador relacionado com a tolerância à secagem de sementes de milho. Nesse sentido, várias pesquisas têm sido desenvolvidas na Universidade Federal de Lavras (Ufla), Lavras-MG, em diferentes espécies, o que tem contribuído para a elucidação dos mais diversos eventos em sementes.

Isoenzimas também podem ser utilizadas como marcadores de dormência, germinação e deterioração. A enzima α -amilase tem-se apresentado eficiente para monitorar a intensidade de dormência de sementes de arroz ao longo do armazenamento (Fig. 4) e a endo- β -mananase como marcador no processo de germinação durante o desenvolvimento de sementes de café e tomate e para a detecção de efeitos alelopáticos da tiririca (*Cyperus rotundus*), na germinação de sementes de alface (pesquisas desenvolvidas na Ufla/Wageningen - Holanda).

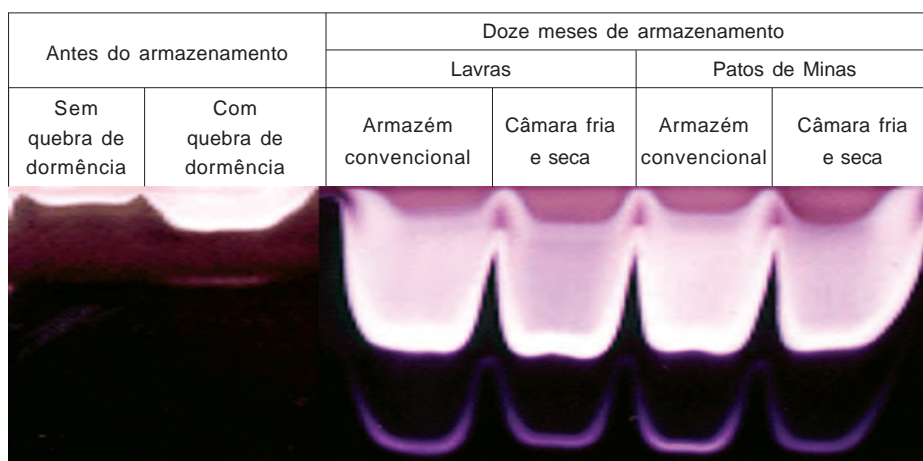


Figura 4 - Perfis eletroforéticos de atividade enzimática da α -amilase, em sementes de arroz recém-germinadas, antes e após o armazenamento - Ufla, Lavras-MG, 2000
NOTA: Imagem cedida por Antônio Rodrigues Vieira, D.Sc. em Fitotecnia (Sementes), pesquisador da EPAMIG.

A perda da viabilidade das sementes no processo de deterioração é precedida por redução na capacidade de sintetizar proteínas, devido ao declínio de componentes como ribossomos, RNA mensageiro e alterações em nível de transcrição e tradução com o envelhecimento das sementes. A integridade e o metabolismo celular dependem da grande variedade de enzimas e proteínas estruturais de cada espécie. Dessa forma, os testes mais sensíveis para determinar o estágio de deterioração são aqueles que medem a atividade de certas enzimas associadas com a quebra das reservas ou a biossíntese de tecidos novos. As proteínas de armazenamento também podem sofrer mudanças, resultantes de quebras parciais ou degradação para subunidades.

A atividade específica de enzimas e a integridade das proteínas de armazenamento têm sido determinadas por meio de técnicas de eletroforese e usadas como marcadores do processo de deterioração das sementes. As enzimas mais pesquisadas nesse sentido são aquelas que atuam no processo de respiração, a exemplo da malato desidrogenase, ou aquelas envolvidas no metabolismo de ligação nitrogênio-carbono, fundamental no processo de germinação de sementes, como a glutamato desidrogenase ou, ainda, aquelas que possuem funções específicas no metabolismo dos lipídios, como é o caso das esterases. Ainda tem sido considerado o estudo da atividade de enzimas removedoras de peróxidos, como as peroxidases, catalases, peróxido dismutase, dentre outras, e enzimas ligadas à desestruturação do sistema de membranas a exemplo da esterase, fosfatase ácida e alcalina. Já as proteínas de armazenamento têm sido utilizadas para a detecção de estádios mais avançados de deterioração.

Trabalhos têm sido desenvolvidos para melhorar o desempenho de sementes com determinados níveis de deterioração, por meio da restrição hídrica (*priming*). Para o monitoramento dessa técnica, a eletroforese de isoenzimas específicas vem sendo

recomendada. Muitas das vezes manifestações bioquímicas indesejáveis podem ocorrer em função do método de condicionamento empregado, o que pode ser detectado pelos perfis eletroforéticos de enzimas envolvidas na rota anaeróbica, a exemplo da álcool desidrogenase.

Em última análise, fica evidenciado que o uso de marcadores moleculares para avaliação da qualidade fisiológica das sementes, apesar de já ter tido um avanço expressivo, ainda necessita de muitas pesquisas, antes de estabelecer-se como uma ferramenta decisiva dentro de programas de controle de qualidade.

MARCADORES MOLECULARES NA QUALIDADE SANITÁRIA

Grande importância tem sido dada à detecção e identificação de fungos patogênicos de plantas, em função da necessidade de utilizar materiais propagativos livres de agentes infecciosos, de conferir proteção às áreas de cultivo agrícola e da preocupação em reduzir o uso de defensivos químicos na agricultura.

Técnicas moleculares, com base na imunologia e análises de ácidos nucléicos, têm sido aplicadas em diversas áreas da micologia, o que tem gerado grandes perspectivas para o desenvolvimento de métodos rápidos, sensíveis e específicos no diagnóstico de patógenos de plantas, comumente transmitidos por sementes. Por um grande período, as isoenzimas e as proteínas foram os marcadores moleculares mais escolhidos. Recentemente, com o advento cada vez mais rápido do conhecimento em ciências, outras técnicas, com base em moléculas de DNA e RNA, foram disponibilizadas.

RFLP foi a principal técnica molecular utilizada para identificação de isolados fúngicos antes da reação de polimerase em cadeia, no entanto apresenta algumas desvantagens, como requerer grande quantidade de DNA para visualização em autoradiografia, DNA de alta qualidade, intacto e sem inibidores de enzimas de restrição.

Marcadores moleculares com base em microssatélites podem ser obtidos para a discriminação de táxons. Esse método já foi testado em fungos detectando polimorfismo inter e intraespecíficos nos patógenos. Apesar da utilização dessa técnica ter auxiliado na identificação e caracterização de fungos, ela apresenta a desvantagem de necessitar do conhecimento prévio das seqüências do organismo a ser estudado para a construção dos *primers*.

O RAPD tem-se apresentado como um método viável e tem detectado variações em muitos organismos. Apesar de seu problema de repetibilidade, existe a possibilidade de, a partir dele, desenvolverem-se SCARs, onde fragmentos são seqüenciados e *primers* maiores construídos. Esses *primers* são mais longos e específicos para um locus, o que possibilita sua utilização por diferentes laboratórios.

Outro método que pode ser utilizado e que tem algumas vantagens sobre o RAPD, é o AFLP. Uma vantagem significativa do AFLP sobre o RAPD é que muitos fragmentos são gerados e, conseqüentemente, mais bandas podem ser detectadas com uma simples amplificação.

Tem-se ainda utilizado de outros recursos, para algumas espécies de fungos, como a análise de DNA mitocondrial, o que tem permitido a identificação entre isolados, apesar de alguns casos apenas possibilitar diferenciação entre espécies.

Citam-se, ainda, as seqüências da região espaçadora interna do rDNA – *Internal Transcribed Spacers* (ITS1 e ITS2), que flanqueiam o gene rDNA 5,8S, sendo amplamente utilizadas na distinção de espécies. Genes do rDNA, altamente conservados e regiões espaçadoras variáveis, aparecem repetidos centenas de vezes no genoma fúngico. A região espaçadora transcrita internamente (ITS) evoluiu mais rapidamente e, por isso, presta-se para discriminar espécies relacionadas e até mesmo variedades de uma mesma espécie. Regiões ITS do rDNA, entre outras técnicas, possibilitam detectar variações dentro de gênero, espécies, subespécies e isolados.

Em alguns níveis de contaminação, a sensibilidade dos marcadores PCR não é capaz de detectar os fungos associados às sementes. Nesse caso, a sensibilidade dos marcadores PCR pode ser aumentada com uma segunda etapa de reação denominada NESTED-PCR. Esse tipo de PCR em duas etapas, chega a ser mil vezes mais sensível que a técnica de etapa única, sendo apropriado para detectar a presença de microrganismos que ocorrem em baixa frequência na amostra em investigação. Nesse sentido, diversos trabalhos têm sido desenvolvidos objetivando a detecção e diferenciação de espécies importantes de patógenos transmitidos por sementes.

GENÔMICA FUNCIONAL

Técnicas com base em RNA também têm sido utilizadas na área de sementes para a identificação de genes de interesse. A concentração relativa dos transcritos de um determinado gene em uma célula é um indicativo do quanto esse gene está sendo expresso, isto é, do quanto a célula está investindo do seu maquinário bioquímico para produzir a proteína codificada pelo gene. Em vista disso, foram desenvolvidas metodologias, que visam medir a concentração relativa dos transcritos dos genes em células e tecidos.

Os recentes avanços na Biologia Molecular e na Bioinformática têm permitido analisar centenas ou milhares de genes expressos em um mesmo momento, o que possibilita identificar genes que são ativados, inativados, ou que têm seu nível de expressão regulado para mais ou para menos, em função de fatores bióticos ou abióticos. Dessa forma, a identificação do conjunto de genes diferencialmente expressos por uma célula, tecido ou organismo numa determinada condição, em relação ao conjunto de genes expressos em outra situação com a qual se deseja comparar, pode permitir a compreensão dos fatores necessários ou responsáveis pela manifestação do fenótipo diferencial.

Entre as metodologias disponíveis para a análise de expressão e identificação de genes, a utilização de seqüências expres-

sas – *Expressed Sequence Tags* (EST) tem sido uma estratégia bastante informativa, uma vez que permite identificar os genes expressos em um organismo ou tecido. Essa metodologia de caracterização dos transcritos de um tecido (mRNA) facilita a identificação das regiões codificadoras em genomas complexos. As ESTs são extremamente eficientes para a identificação de genes desconhecidos e de polimorfismos entre indivíduos, fontes importantes para diversas pesquisas biológicas. Permite ainda determinar o perfil de expressão dos genes, bem como a regulação destes.

As ESTs têm sido utilizadas em estudos de expressão gênica em sementes. Os mecanismos bioquímicos que controlam a síntese de compostos de armazenamento, por exemplo, em sementes são bem conhecidos, mas os fatores que determinam a proporção relativa entre os diferentes componentes ainda não são bem compreendidos. O acúmulo de cada classe de componente de armazenamento requer a coordenação de muitos genes que codificam enzimas nas respectivas rotas. A germinação de sementes também é determinada por uma malha de efeito de múltiplos hormônios e sugerem a presença de uma ação cruzada pelos hormônios ácido giberélico (GA), ácido abscísico (ABA), etileno. Nesses casos, a utilização de EST, por meio da técnica de *microarrays*, tem sido uma estratégia bastante informativa. Os *microarrays* oferecem a possibilidade de estudo de centenas de genes envolvidos em diferentes estádios de desenvolvimento das sementes, bem como a identificação de padrões de expressão em tecidos específicos. Por meio dessa técnica foi estudada a expressão de 8.200 genes em resposta à aplicação de GA exógeno durante a germinação de sementes de *Arabidopsis*.

Uma outra técnica que se baseia na análise de EST e que vem sendo utilizada em sementes é a análise seriada de expressão gênica *Serial analysis of gene expression* (SAGE). Essa técnica tem sido utilizada na caracterização da expressão de genes durante o desenvolvimento de sementes de soja, incluindo a expressão de glicina, albu-

mina e lipoxigenases.

Outra ferramenta útil em estudos de expressão gênica é a *Reverse Transcriptase Chain Reaction* (RT-PCR), pois avalia o mRNA, podendo-se, dessa forma, detectar quais proteínas estão sendo expressas. Por meio dessa técnica tem sido estudada a expressão de genes durante o desenvolvimento do endosperma das sementes de milho, durante o acúmulo de amido em sementes de cevada e acúmulo da enzima estaquiase sintase no desenvolvimento de sementes de *Vigna angularis*. Tem sido utilizada também para estudar a contribuição dos genomas maternal ou paternal nas sementes.

Uma técnica que tem sido usada com sucesso no isolamento de um grande número de importantes genes expressos em sementes é a *Differential display* (DD). Essa permite a comparação, identificação e isolamento de genes expressos em mRNA de forma diferenciada em amostras vindas de células ou tecidos, provenientes de diferentes estádios ou condições de desenvolvimento. Em sementes de soja essa técnica tem sido utilizada para estudar a expressão da enzima nicotinamida adenina dinucleotídeo (NADH) desidrogenase, componente da membrana mitocondrial, durante o desenvolvimento das sementes sob condições de estresse hídrico. Outros estudos, como o da apomixia em sementes de *Pennisetum ciliari*, de *Brachiaria ruziziensis*, de *B. brizantha* e de *Paspalum notatum* também têm sido realizados com o auxílio da técnica.

A técnica de hibridização, *northern blot*, tem sido utilizada para analisar mRNAs da proteína de armazenamento, gliadina e de proteínas de choque térmico em sementes de trigo. Também em sementes de feijoeiro tem sido estudada a indução de proteínas de choque térmico de baixo peso molecular (sHSPs), sob condições de temperaturas elevadas. Essa técnica tem sido utilizada também para o entendimento dos processos que levam à morte programada de células da camada de aleurona em sementes de cevada.

Assim, o desenvolvimento de técnicas moleculares tem evoluído de modo extremamente rápido, o que possibilita maior segurança e confiabilidade dos resultados na avaliação e no controle da qualidade de sementes. A escolha de uma determinada técnica, visando à avaliação da qualidade genética, fisiológica ou sanitária de lotes de sementes, depende de vários fatores, incluindo a finalidade da análise, as características das espécies e a relação custo/benefício.

REFERÊNCIAS

- AMBROZEVICIUS, L.P. **Caracterização e análises de OGMs**: estudos de casos. Pelotas: UFPEL, 2001. CD-ROM. I Curso de Biossegurança e Risco Biológico.
- BRASIL. Lei nº 9.456, de 25 de abril de 1997. Institui a Lei da Proteção de Cultivares, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 25 abr. 1997. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 12 abr. 2005.
- FOOLAD, M.R.; JONES, R.A.; RODRIGUEZ, R.L. RAPD markers for constructing intraspecific tomato genetic maps. **Plant Cell Reports**, Berlin, v.12, n.5, p.293-297, Mar. 1993.
- LOPES, M.M. **Amostragem sequencial e marcadores de microssatélites na avaliação da qualidade genética em lotes de sementes de milho**. 2003. 47p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2003.
- MUKHATAR, M.S.; RAHMANW, M.; ZAFAR, Y. Assesment of genetic diversity among wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars from a range of localities across Pakistan using random amplified polymorphic DNA (RAPD) analysis. **Euphytica**, v.128, n.3, p.417-425, Jan. 2002.
- PADILHA, L. **Marcadores moleculares semi-automatizados na caracterização e determinação da diversidade genética entre linhagens de milho tropical**. 2002. 85p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2002.
- SALGADO, K.C.C. **Certificação da pureza genética em sementes híbridas de milho por meio de marcadores morfológicos e moleculares**. 2001. 67p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2001.
- BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**
- ALBERTS, B.; JOHNSON, A.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS, K.; WALTER, P. **Biologia molecular da célula**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 1463p.
- BONOW, S. **Caracterização morfológica, isoenzimática e molecular de cultivares de arroz**. 2004. 125p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.
- CARVALHO, E.M. **Caracterização de isolados de Colletotrichum gossypii var. cephalosporioides associados a sementes do algodoeiro**: aspectos morfológicos e moleculares. 2005. 104p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.
- CHAMBERLAIN, J.S.; CHAMBERLAIN, J.R. Optimization of multiplex PCRs. In: MULLIS, K.B.; FERRÉ, F.; GIBBS, R.A. (Ed.). **The polymerase chain reaction**. Boston: Birkhauser, 1994. p.38-46.
- EISEN, M.B.; BROWN, P.O. DNA arrays for analysis of gene expression. **Methods in Enzymology**, v.303, p.199-205, 1999.
- GLICK, B.R.; PASTERNAK, J.J. **Molecular biotechnology**: principles and applications of recombinant DNA. Washington: ASM Press, 1994. 500p.
- GMO CONTAMINATION AROUND THE WORLD. **Briefing on methods of testing**. Disponível em: <<http://www.Genescan.com>>. Acesso em: 12 abr. 2005.
- JOSÉ, S.C.B.R. **Tolerância à alta temperatura de secagem de sementes de milho**. 2003. 149p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.
- LAYTON, D. Testin seeds and seedlings for genetically enhanced traits using immunoassay technology: rapid, simple and economical tests help seed producers develop new genetically enhanced varieties. **Seed World**, Des Plaines, Aug. 2000. Disponível em: <<http://www.seedworld.com/sw/index.cfm/powergrid/rfah=lcfap=/CFID/282386/CFTOKEN/47612071/fuseaction/showArticleID/1820>>. Acesso em: 20 ago. 2004.
- MAGIN, K.; MIHALIAK, C.; SOMERVILLE, L.; PRIVALLE, L.; CHARLTON, S.; PORTER, L. Methods for detection of GMO grain in commerce. **American Crop Protection Association**, Sept. 2000. Disponível em: <<http://www.acpa.org/public/issues/biotech/detectmeth.html>>. Acesso em: 20 maio 2002.
- MESSENS, K.; GRYSON, N.; SUPLI, K.; TAVERNIERS, I.; THEUNS, I.; DEWETTINCK, K. Detection of genetically modified organisms (GMOs) in the food chain: na overview of the currently available methods. **Cerevisiae**, v.26, n.2, p.98-101, 2001.
- NAFZIGER, E. **What role will tests for GMO (genes or proteins) play in all this?** 2002. Disponível em: <http://web.aces.uiuc.edu/faq/faq.pdl?project_id=28&fact_id=606>. Acesso em: 12 mar. 2003.
- SPOTH, B.; STRAUSS, E. **Screening for genetically modified organisms in food using promega's wizard resins**. Madison: Promega, 2000. (Quality Monitoring of Foods. Application Notes, 71).
- THOMISON, P.R.; LOUX, M.M. **Commonly used methods for detecting GMOs in grain crops**. Disponível em: <<http://ohioline.osu.edu/agf-fact/0149.html>>. Acesso em: 21 set. 2005.
- VIEIRA, E.S.N. **Marcadores morfológicos, bioquímicos e moleculares na caracterização de cultivares de soja e café**. 2004. 137p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.
- VIEIRA, M.G.G.C. **Utilização de marcadores moleculares no monitoramento da qualidade sanitária e nível de deterioração de sementes de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.)**. 1996. 114p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.
- _____; MACHADO, J. Applicability of techniques for detection of seed – borne fungi under certification. In: MACHADO, J.C.; LANGERAK, C.J.; JACCOUD-FILHO, D.S. **Seed – borne fungi**: a contribution to routine seed health analysis. Zurich: ISTA, 2002. p.82-91.
- WURZ, A.; BLUTH, A.; ZELTZ, P.; PFEIFER, C.; WILLMUND, R. Quantitative analysis of genetically modified organisms (GMO) in processed food by PCR-based methods. **Food Control**, v.10, n.6, p.385-389, Dec. 1999.
- ZHANG, W. **PCR testing services**. Disponível em: <<http://www.mseed.com/pcr.htm>>. Acesso em: 3 out. 2004.



EPAMIG

Desenvolvimento de pesquisa em oleaginosas



Pinhão-mansos



Mamona

Produção e venda de mudas e sementes

CENTRO TECNOLÓGICO DO NORTE DE MINAS

Rodovia MGT 122, Km 155 - Caixa Postal 12
CEP 39525-000 - Nova Porteirinha - MG
Telefax: (38) 3821 2160
ctnm@nortecnet.com.br - ctnm@epamig.br

**Maior evento de difusão de tecnologias
sobre leite e derivados da América Latina!**



**XXIII Congresso Nacional
de Laticínios**

XXXIII Expolac
Exposição de Produtos Lácteos

XXXIV Expomaq
*Exposição de Máquinas, Equipamentos, Embalagens
e Insumos para a Indústria Laticinista*

**XXXIII Concurso Nacional
de Produtos Lácteos**

17 a 20 de Julho de 2006

Local:

Instituto de Laticínios Cândido Tostes

Rua Tenente de Freitas, 116 - Santa Terezinha - Juiz de Fora - MG - Tel.: (32) 3224-3116

Realização:



EPAMIG

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais