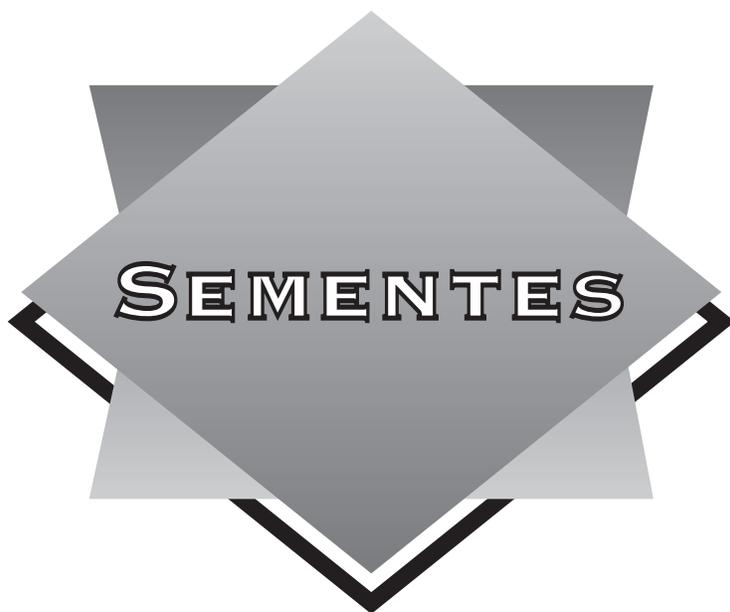


SEMENTES



O produtor pergunta, a Embrapa responde

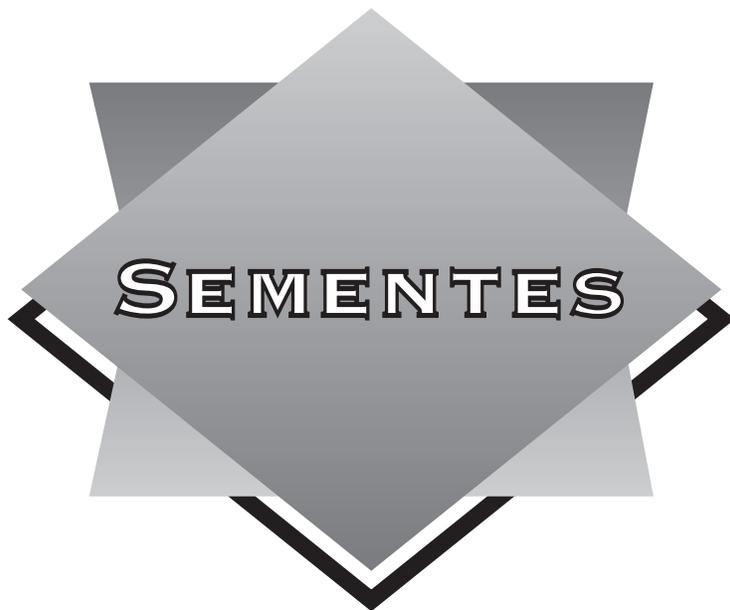
Coleção ♦ 500 Perguntas ♦ 500 Respostas



O produtor pergunta, a Embrapa responde



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Ministério da Agricultura e Pecuária*



O produtor pergunta, a Embrapa responde

*Antonieta Nassif Salomão
Izulmé Rita Imaculada Santos
Marcos Aparecido Gimenes
Denise Garcia de Santana
Taciana Barbosa Cavalcanti*

Editores Técnicos

Embrapa
*Brasília, DF
2023*

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

Parque Estação Biológica (PqEB)
Av. W5 Norte (final)
Caixa Postal 02372 70770-917 Brasília, DF
Fone: (61) 3448-4700
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Responsável pelo conteúdo

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Comitê Local de Publicações

Presidente

Marcelo Lopes da Silva

Secretária-executiva

Ana Flávia do Nascimento Dias

Membros

Andrielle Câmara Amaral Lopes

Bruno Machado Teles Walter

Débora Pires Paula

Edson Junqueira Leite

Marcos Aparecido Gimenes

Solange Carvalho Barrios Roveri José

Responsável pela edição

Embrapa, Superintendência de Comunicação

Coordenação editorial

Carla Alessandra Timm

Nilda Maria da Cunha Sette

Supervisão editorial

Cristiane Pereira de Assis

Revisão de texto

Everaldo Correia da Silva Filho

Normalização bibliográfica

Márcia Maria Pereira de Souza (CRB 1/1441)

Rejane Maria de Oliveira Cechinel Darós

(CRB 1/2913)

Projeto gráfico da coleção

Mayara Rosa Carneiro

Editoração eletrônica

Júlio César da Silva Delfino

Arte-final da capa

Paula Cristina Rodrigues Franco

Imagem de capa

Adílson Werneck

Composição de fotos

Adílson Werneck

Ilustrações

Diva Maria de Alencar Dusi

Índice

Antonieta Nassif Salomão

1ª edição

Publicação digital (2023): PDF

Todos os direitos reservados

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa, Superintendência de Comunicação

Sementes : o produtor pergunta, a Embrapa Responde / Antonieta Nassif Salomão
... [et al.], editores técnicos. — Brasília, DF : Embrapa, 2023.

PDF (308 p.) : il. — (Coleção 500 perguntas 500 respostas)

ISBN 978-65-89957-32-4

1. Biodiversidade. 2. Produção agrícola. 3. Recursos genéticos. I. Santos, Izulmé Rita Imaculada. II. Gimenes, Marcos Aparecido. III. Santana, Denise Garcia de. IV. Cavalcanti, Taciana Barbosa. V. Título. VI. Coleção.

CDD (21. ed.) 631.521

Márcia Maria de Oliveira (CRB 1/1441)

© Embrapa 2023

Rejane Maria de Oliveira Cechinel Darós (CRB 1/2913)

Editores Técnicos

Antonieta Nassif Salomão

Engenheira florestal, mestre em Manejo do Espaço Rural, pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Izulmé Rita Imaculada Santos

Bióloga, doutora em Fisiologia do Estresse Vegetal, pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Marcos Aparecido Gimenes

Biólogo, doutor em Ciências Biológicas, pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Denise Garcia de Santana

Engenheira-agrônoma, doutora em Estatística e Experimentação Agronômica, professora da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG

Taciana Barbosa Cavalcanti

Bióloga, doutora em Botânica, pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Autores

Abi Soares dos Anjos Marques

Engenheira-agrônoma, doutora em Bacteriologia Vegetal, pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Alisson Ferreira Dantas

Biólogo, doutor em Biologia Animal, bolsista da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Antonieta Nassif Salomão

Engenheira florestal, mestre em Manejo do Espaço Rural, pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Carmen Sílvia Soares Pires

Bióloga, doutora em Biologia, pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Denise Navia Magalhães Ferreira

Bióloga, doutora em Entomologia, pesquisadora do Centre de Biologie pour la Gestion des Populations, Institut National de la Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement, Montpellier, França

Dilson da Cunha Costa

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Diva Maria de Alencar Dusi

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciências de Plantas, pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Dulce Alves da Silva

Bióloga, doutora em Ecologia Vegetal, pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Elisa Serra Negra Vieira

Engenheira-agrônoma, doutora em Fitotecnia, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Eudes de Arruda Carvalho

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Izulmé Rita Imaculada Santos

Bióloga, doutora em Fisiologia do Estresse Vegetal, pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Juliano Gomes Pádua

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Julio Carlyle Macedo Rodrigues

Biólogo, doutor em Biologia Molecular de Plantas, analista da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Marcelo Silva Lopes

Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia, pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Márcio Martinello Sanches

Biólogo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Marcos Aparecido Gimenes

Biólogo, doutor em Ciências Biológicas, pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Marília Silva

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciências Biológicas, pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Marisa Álvares da Silva Velloso Ferreira

Engenheira-agrônoma, doutora em Biologia Molecular, professora da Universidade de Brasília, Brasília, DF

Mônica Cibele Amâncio

Bióloga, doutora em Ciências Genômicas e Biotecnologia, analista da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Norton Polo Benito

Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia, pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Solange Carvalho Barrios Roveri José

Engenheira-agrônoma, doutora em Fitotecnia, pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Tallyrand Moreira Jorcelino

Engenheiro-agrônomo, mestre em Defesa Sanitária Vegetal, analista da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Vera Tavares de Campos Carneiro

Bióloga, doutora em Biologia Celular e Molecular de Vegetais, pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Apresentação

Uma das formas de a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) prestar serviço à sociedade brasileira é por meio da produção e da disponibilização de publicações técnicas. A *Coleção 500 Perguntas 500 Respostas*, um dos produtos editoriais da linha Transferência de Tecnologia da Embrapa, apresenta conteúdos diversos sobre espécies de plantas, animais, desenvolvimento agrossilvipastoril e outros temas específicos referentes à agricultura, em que o público pergunta e a Embrapa responde, com linguagem acessível e objetiva.

O tema semente é amplo, objeto de constantes pesquisas na Embrapa, o qual suscita interesse aos mais diversos públicos. Em decorrência disso, pesquisadores de diversas áreas das ciências biológicas da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, em colaboração com especialistas da Embrapa Florestas, da Universidade de Brasília, da Universidade Federal de Uberlândia e do Centre de Biologie pour la Gestion des Populations, França, elaboraram a publicação *500 Perguntas 500 Respostas: Sementes*, com o objetivo de responder a perguntas recorrentes dirigidas à Embrapa, bem como dar informações atuais sobre o tema. Assim, a publicação foi organizada em 10 capítulos, de maneira a permitir melhor visibilidade e compreensão sobre o assunto.

No primeiro capítulo (Conceitos, Definições e Abordagens Gerais), há os conceitos e as definições de termos específicos ou usuais, bem como informações sobre alguns eventos e processos relacionados às sementes. No segundo capítulo (Polinização, Formação e Desenvolvimento da Semente), encontram-se descritos os mecanismos necessários à formação das sementes, a polinização, os polinizadores, destacando-se o papel das abelhas, a embriogênese, as diferenciações morfológicas e a importância desses processos para o desenvolvimento das sementes. O terceiro capítulo (Dormência) abrange a dormência, desde seu papel evolutivo, os

tipos ancestrais e classificações dos tipos atuais, os procedimentos para a superação de dormência em condições naturais e artificiais até a atuação dos fatores genéticos, moleculares, fisiológicos e abióticos na regulação da dormência. No quarto capítulo (Germinação) são abordados os critérios inerentes à germinação per se, os eventos metabólicos, os processos bioquímicos e os fatores exógenos envolvidos na germinação; os fatores restritivos ao crescimento do embrião, bem como as etapas inerentes aos testes de germinabilidade e viabilidade. O quinto capítulo (Ecofisiologia da Germinação) contém informações sobre a formação de bancos de sementes no solo, os tipos de dispersão e dispersores de sementes, as interações entre fatores abióticos responsáveis por promover a germinação e os mecanismos que permitem a manutenção da viabilidade e da longevidade de sementes nos bancos de sementes do solo. No sexto capítulo (Pragas de Sementes) são apresentados os agentes patogênicos em sementes, os principais danos causados por eles nas sementes, os prejuízos que causam à agricultura e os tratamentos e procedimentos recomendados para a obtenção de sementes saudáveis. No capítulo sétimo (Biotecnologia), encontram-se especificadas as técnicas e os métodos biotecnológicos relacionados à produção de sementes que propiciam aumento de produtividade da agricultura e que farão face às adversidades resultantes das mudanças climáticas, bem como os métodos para a detecção de patógenos e para a identificação de características intrínsecas das sementes. No oitavo capítulo (Conservação e Armazenamento) são apresentados os princípios básicos e os quesitos necessários à conservação e ao armazenamento de sementes; a importância dessas atividades para a manutenção da viabilidade e da longevidade das sementes, assim como os danos decorrentes dos processos de dessecação, congelamento e descongelamento. No nono capítulo (Amostragem de Sementes), há informações sobre a importância da amostragem e dos tipos de amostras para determinar a qualidade de um lote de sementes destinado à fiscalização e à comercialização e como proceder para a obtenção de amostras representativas de um lote. No último capítulo (Marco Regulatório de Sementes e

Mudas) estão descritos os instrumentos legais para a produção e a comercialização de sementes e mudas em consonância com as recomendações do Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa), das comissões, dos conselhos e demais instâncias, bem como as definições pertinentes ao tema.

Por fim, o conteúdo desta publicação poderá atender a produtores rurais, viveirista, estudantes e profissionais das mais diversas áreas.

Maria Cleria Valadares Inglis

Chefe-Geral da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

Sumário

Introdução	15
1 Conceitos, Definições e Abordagens Gerais.....	17
2 Polinização, Formação e Desenvolvimento da Semente..	47
3 Dormência.....	73
4 Germinação	107
5 Ecofisiologia da Germinação	133
6 Pragas de Sementes.....	153
7 Biotecnologia.....	179
8 Conservação e Armazenamento.....	207
9 Amostragem de Sementes	235
10 Marco Regulatório de Sementes e Mudas.....	245
Índice.....	277

Introdução

A semente é uma das estruturas biológicas mais sofisticadas, perfeitas e complexas existentes em nosso planeta. Sua origem deu-se ao final do período Devoniano, há 350 milhões de anos, em plantas denominadas progimnospermas. Desde então, a semente desenvolveu mecanismos que conferiram à maioria das plantas a sobrevivência, a disseminação, a recombinação de genes e a adaptação às mais diversas condições ambientais.

A formação da semente foi um marco decisivo, tanto na história da evolução das espécies vegetais quanto na história da evolução da humanidade. A domesticação de espécies com sementes comestíveis deu origem à agricultura e ao agricultor, contrapondo-se ao homem caçador e coletor. A identidade dos povos agrícolas com as sementes ocorreu por meio da seleção dessas, para consumo e plantio. Assim, esses povos, instintivamente, selecionaram a diversidade genética das plantas necessárias à sobrevivência, a partir de suas sementes.

Em sua trajetória, a semente passou a constituir o insumo básico da agrossilvicultura e, atualmente, é objeto do oligopólio na produção sementeira.

Mas, como entender a diversidade de sementes, sua organização estrutural e funcional e, sobretudo, o que existe nelas que lhes confere, provavelmente, uma memória genética capaz de captar sinais específicos para desempenhar suas funções?

Estudiosos nas diferentes áreas das ciências biológicas (anatomia, morfologia, fisiologia, ecologia, bioquímica, biofísica, genética, genômica, proteômica, metabolômica) têm buscado decifrar as sementes, compreender seus eventos celulares, moleculares e metabólicos, com vistas à produção de novas sementes de melhor qualidade, com maiores eficiência produtiva, tolerância aos estresses bióticos e abióticos e homogeneidade. Também buscam entender os processos inerentes à dormência e à regulação da germinação,

os mecanismos de sobrevivência, adaptação e longevidade em condições naturais e artificiais extremas e suas funções em comunidades vegetais, entre outros.

Indubitavelmente, o tema semente não se esgota em apenas 500 perguntas e 500 respostas. Nesta publicação, estão contemplados diversos aspectos sobre a semente. A publicação inicia-se com a pergunta “o que é semente?”, para se chegar ao marco regulatório, que rege a produção e a obtenção de sementes e mudas no País.

Nesse contexto, a publicação atende aos agricultores, viveiristas, estudantes, profissionais de diversas áreas biológicas ou outros interessados em saber um pouco mais sobre sementes.

1 O que é semente?

Semente é a estrutura reprodutiva da maioria das plantas e a matéria-prima da produção agroflorestal.

2 O que é grão?

Grão é a denominação dada à semente obtida do plantio. É a estrutura colhida e comercializada pelo produtor.

3 Quais são as funções da semente e do grão?

A semente tem como funções a dispersão espacial e temporal da espécie e a formação de outra planta. O grão tem como funções a alimentação do homem e de animais domésticos e o provimento de matéria-prima às indústrias.

4 Quais são os outros usos de sementes e grãos?

- Artesanal: na confecção de objetos de decoração, usando-se, por exemplo, sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), de girassol (*Helianthus annuus* L.), de abóboras (*Cucurbita* L.), de soja [*Glycine max* (L.) Merr.], de castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), bem como de biojoias produzidas com sementes de palmeiras, como a jarina ou marfim-vegetal (*Phytelephas aequatorialis* Spruce), o açai (*Euterpe oleracea* Mart.) e o palmito (*Euterpe edulis* Mart.).
- Medicinal: no preparo de cremes e de óleos essenciais a partir de sementes de boleira (*Joannesia princeps* Vell.), de negramina (*Siparuna guianensis* Aubl.), de ucuuba [*Virola surinamensis* (Rol. ex Rottb.) Warb.]; no preparo de garrafadas com sementes de cerejeira [*Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm.] e de sucupira-branca (*Pterodon emarginatus* Vogel), ou ainda como estimulante, como o obtido de sementes de guaraná (*Paullinia cupana* Kunth).

- Condimentar: como exemplo, há as sementes de pimenta-rosa (*Schinus terebinthifolia* Raddi), de erva-doce (*Pimpinella anisum* L.), de cominho (*Cuminum cyminum* L.).
- Ritualístico: em rituais festivos e de pajelança, como as sementes de urucu (*Bixa orellana* L.), de imburana-de-cambão [*Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillett], na confecção de guias, brajás e terços com sementes de olho-de-boi (*Dioclea violacea* Mart. ex Benth.) e lágrima-de-nossa-senhora (*Coix lacryma-jobi* L.).
- Germoplasma: na conservação de recursos genéticos para usos em programas de melhoramento genético, pesquisa, farmacologia, ecológico, social, etc. Nesse sentido, sementes de todas as espécies vegetais, cultivadas e silvestres são consideradas como germoplasma.

5 O que é diásporo?

Diásporo é a unidade de dispersão das plantas, em que as sementes ou os esporos estão envoltos por estruturas adaptadas para a dispersão. O diásporo pode ser a semente, o fruto ou parte desse. Espécies em que ocorre a dispersão por diásporo: braúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl.), amendoim (*Arachis hypogaea* L.), araribá (*Centrolobium tomentosum* Guill. ex Benth.).

6 O que é propágulo?

Propágulo é qualquer parte da planta utilizada para desenvolver vegetativamente um novo indivíduo.

7 De que forma se expressa a diversidade das sementes?

A diversidade das sementes expressa-se por tipo de unidade de dispersão, mecanismo de dispersão, tamanho, forma e presença de dormência.

8 Como se caracteriza o desenvolvimento da semente?

O desenvolvimento da semente é caracterizado por sua modificação quantitativa, ou seja, pelo aumento de tamanho, volume, massa, bem como por sua modificação qualitativa ou diferenciação funcional.

9 Quais são as causas das variações fisiológicas das sementes?

As variações fisiológicas das sementes resultam do genótipo da espécie, que induzirá tipos distintos de dormência, e das diferenças ecológicas durante os períodos de maturação, pós-maturação e dispersão.

10 Quais são as estruturas que compõem a semente?

A semente é formada pelo embrião onde se encontra o eixo hipocótilo radicular, ou eixo embrionário, sendo a estrutura da semente que cresce e se desenvolve em uma plântula; pelos tecidos de reserva ou nutritivos (ginófito ou endosperma primário das gimnospermas, endosperma, cotilédones, camada de aleurona das angiospermas) e pelos envoltórios de proteção (tegumento ou testa, tégme ou tégmen, pericarpo).

11 Quais são as características morfológicas externas das sementes que auxiliam na sistemática e na identificação das espécies de plantas?

- Dimensão: tamanho, comprimento e largura, que podem variar entre sementes de uma mesma espécie, dependendo



das condições ambientais em que a planta se desenvolve. Entretanto, de acordo com suas dimensões, as sementes podem ser consideradas minúsculas, como as de espécies de orquídeas e de quaresmeira [*Tibouchina granulosa* (Desr.) Cogn.], pequenas, como as de pimenta-de-macaco (*Piper aduncun* L.) e de capim-dourado [*Syngonanthus nitens* (Bong.) Ruhland], médias, como as de arroz (*Oryza sativa* L.) e de gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott), e grandes, como as de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) e de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.).

- Formato: as sementes apresentam os mais variados formatos e a combinação desses, tanto em sua base quanto em seu ápice, como cônico, cordiforme, globoso, oblongo, obovado, oval, orbicular – angico-vermelho [*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan] –, elíptico – abóboras (*Cucurbita* spp.) –, reniforme – mulungu (*Erythrina mulungu* Mart.) –, alongado, achatado – guapuruvu [*Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake] –, cilíndrico achatado – quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.).
- Tegumento: a semente pode não ter tegumento (ategumentar), sendo protegida pelo pericarpo como ocorre nas gramíneas. A semente pode ter apenas um tegumento (unitegumentar), como as gimnospermas, ou ter dois tegumentos (bitegumentar), como ocorre nas angiospermas, sendo a testa a estrutura externa e o tégmen, a estrutura interna.
- Cor: as cores mais comuns em sementes são branca, bege, amarela, rósea, alaranjada, vermelha, castanha, marrom, negra, bicolor, variegada. As cores podem ser brilhantes ou opacas.
- Textura: granulosa, rugosa, lisa, glabra, pilosa, fibrosa.
- Presença ou ausência de ornamentos dos envoltórios, tais como tubérculos espinhosos ou pontudos ou rombudos ou ovais, pequenos ou grandes; verrugas rombudas ou finas, pequenas; estrias; papilas; reticulada.

- Presença ou ausência de cutícula cerosa, arilo carnosos ou piloso, ariloide, carúncula, sarcotesta, mucilagem, ala (circundante, apical, bilateral), pleurograma, elaiossomo, hilo, halo, funículo, chalaza, micrópila.

12

Quais são as características morfológicas internas das sementes que auxiliam na sistemática e na identificação das espécies de plantas?

- Presença ou não de endosperma.
- Eixos hipocótilo-radiculares ou eixos embrionários com localizações e formatos variados.

13

Quais são as localizações e os formatos dos eixos hipocótilo-radiculares ou eixos embrionários?

- Eixo hipocótilo-radicular localizado na parte basal das sementes, apresentando formato rudimentar, como em erva-mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.), largo, capitado em espécies da família Cyperaceae Juss. ou lateral em sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], aveia (*Avena sativa* L.) e palmeiras do gênero *Syagrus* Mart.
- Eixo hipocótilo-radicular localizado na parte periférica das sementes, apresentando formato cilíndrico, contínuo ou alongado, como em sementes de ginseng brasileiro [*Páffia glomerata* (Sprengel) Pedersen] e pajeú (*Triplaris gardneriana* Wedd.).
- Eixo hipocótilo-radicular localizado na parte axial folheado das sementes, apresentando formato linear (cilíndrico, anelar, curvo, espiralado, circinado ou imbricado), micro (ocupa toda semente), miniatura (podendo ou não ocupar toda a semente), espatulado, curvado, plicado, como em sementes de *Theobroma* spp. ou investido.
- Conferruminado: não há distinção visual entre o eixo hipocótilo-radicular e os tecidos de reserva, apresentando

formatos ovoide, elipsoide, globoso, obovoide ou claviforme. Esse tipo de eixo embrionário é característico em sementes das espécies do gênero *Eugenia* L. e castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa* Bonpl.).

- Transverso oblongo: o eixo hipocótilo-radicular curto e cilíndrico com cotilédones mais largos, como em sementes de tingui (*Magonia pubescens* A.St.-Hil.) e pau-santo (*Kielmeyera coriacea* Mart. & Zucc.).
- Criptorradicular: eixo hipocótilo-radicular curto e cilíndrico encoberto pelos cotilédones, como em semente de farinha-seca [*Albizia niopoides* (Benth.) Burkart].
- Hipocotilar: eixo hipocótilo-radicular grande, tornando-se a estrutura que armazena as reservas nutritivas, cotilédones vestigiais a rudimentares, como em sementes de pequi (*Caryocar brasiliense* Cambess.) e gabioba [*Campomanesia adamantium* (Camb.) O. Berg].

14 O que são arilo, carúncula e sarcotesta?

Arilo é uma saliência ou um apêndice carnoso ou piloso da semente de tamanho, cor e textura variáveis. Arilo carnoso em guaraná (*Paullinia cupana* Kunth) e bico-de-papagaio (*Conarus suberosus* Planch.) e arilo piloso em estrelítzia (*Strelitzia reginae* Banks.). O arilo pode ser formado pelo funículo (estrofólo). Carúncula é o arilo formado pelo tegumento próximo à micrópila. As sementes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e de mamoninha [*Mabea pohliana* (Benth.) Müll. Arg.] possuem carúncula. Sarcotesta é o arilo que reveste todo o tegumento da semente como em mamão (*Carica papaya* L.), romã (*Punica granatum* L.) e maracujá silvestre 'BRS Pérola do Cerrado' (*Passiflora setacea* DC.).

15 O que é ariloide?

Ariloide é uma estrutura semelhante ao arilo, que sai da micrópila, sendo considerado como falso arilo. Ariloide membranoso

e hialino ocorre em sementes de pepino (*Cucumis sativus* L.) e de melão (*Cucumis melo* L.). Ariloide carnoso ocorre em sementes de espinheira-santa (*Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reiss.) e de copaíba (*Copaifera depilis* Dwyer).

16 O que é falso arilo?

Falso arilo é a testa de sementes bicolores e duras, como as de angelim-falso [*Abarema jupunba* (Willd.) Britton & Killip], que são brancas e negras e as de olho-de-cabra (*Ormosia fastigiata* Tul.), que são vermelhas e negras.

17 O que é mucilagem?

Mucilagem é uma substância de aspecto gelatinoso e de textura viscosa que recobre as sementes, como de café (*Coffea arabica* L.) e de chia (*Salvia hispanica* L.).

18 O que é elaiossomo?

Elaiossomo é uma estrutura originária de tecidos da semente ou de tecidos do fruto, a qual é rica em nitrogênio e lipídios e envolve parcial ou totalmente a semente, como em pau-roxinho [*Peltogyne confertiflora* (Hayne) Benth.] e faveleira (*Cnidocolus quercifolius* Pohl).

19 Na semente, quais são as funções do arilo, do ariloide, da carúncula e da sarcotesta?

O arilo, o ariloide, a carúncula e a sarcotesta têm como funções atrair os dispersores das sementes e a absorção de água durante o processo de germinação. O falso arilo (testa bicolor) presta-se para enganar os predadores. A mucilagem tem como funções a proteção

da semente e a absorção de água durante o processo de germinação. O elaiossomo tem como função atrair dispersores, principalmente as formigas.

20 O que é chalaza?

Chalaza é a região de convergência dos tegumentos, geralmente coincide com a posição do funículo, nesse caso, sendo idêntico ao hilo. Sementes de algumas espécies do gênero *Dyckia* Schult. & Schult. f. da família Bromeliaceae A. Juss. apresentam chalaza longa.

21 O que é funículo?

Funículo é a estrutura filiforme que une o óvulo à placenta. Funículos curtos são observados em sementes de várias espécies de Fabaceae Lindl., como de pau-serrote [*Luetzelburgia auriculata* (Allemão) Ducke] e de mata-pasto [*Chamaecrista desvauxii* (Collad.) Killip]. Essa estrutura não é observada em sementes de gimnospermas.

22 O que é rafe?

Rafe é a cicatriz ou a depressão no tegumento ou a parte de funículo adnada ao nucelo, localizando-se acima do hilo. Essa estrutura é perceptível e enegrecida em sementes de ipês (gênero *Handroanthus* Mattos) e de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).

23 O que é hilo?

Hilo é a cicatriz na superfície da semente que indica a ruptura do funículo. Hilo de coloração diferenciada do tegumento ocorre em sementes de várias espécies da família de Fabaceae Lindl., como em sementes de soja [*Glycine max* (L.) Merr.] e de mulungu-da-

-caatinga (*Erythrina velutina* Willd.). Essa estrutura não é observada em sementes de gimnospermas.

24 O que é halo?

Halo é a estrutura que circunda o hilo.

25 O que é micrópila?

Micrópila é a abertura ou a depressão ou o poro derivado do canal entre as pontas dos tegumentos, por onde a água é absorvida durante o processo de germinação, como em sementes de banha-de-galinha (*Swartzia multijuga* Vogel). Essa estrutura pode estar obliterada em algumas sementes e não ser visível a olho nu.

26 O que é pleurograma?

Pleurograma é a área elíptica ou em forma da letra “u” na superfície de sementes de algumas espécies da família Fabaceae Lindl., como tamarindo (*Tamarindus indica* L.), faveira (*Parkia nitida* Miq.) e sucupira-amarela [*Enterolobium schomburgkii* (Benth.) Benth.].

27 O que é endosperma ruminado?

O endosperma ruminado é aquele em que há invaginações ou reentrâncias do tegumento da semente para o tecido nutritivo ou endosperma, ou é aquele em que se evidencia o desenvolvimento do endosperma no centro da semente, expandindo-se no tecido nucelar. Esse tipo de endosperma é observado em sementes de noz-moscada (*Myristica fragrans* Houtt.), ucuubas (*Virola* Aubl.), pau-formiga e pajeú (*Triplaris* spp.), árvores de ébano e caqui (*Diospyros* spp.).

28 Quais são os outros tipos de endosperma?

- Endosperma celular em sementes de maria-sem-vergonha (*Impatiens walleriana* Hook.f.).
- Endosperma córneo em coco (*Cocos nucifera* L.).
- Endosperma helobial em sementes de várias espécies monocotiledonares.
- Endosperma nucelar em sementes de espécies da família Fabaceae Lindl. e espécies da família Arecaceae Schult. Sch.

Os tipos de endosperma anteriormente citados diferem entre si pela forma que ocorrem as divisões celulares durante seus desenvolvimentos.

29 Qual é a relação entre o tipo de endosperma e a contaminação do tecido intraseminal da semente?

Por causa de sua formação e localização na semente, o endosperma pode facilitar a penetração de microrganismos e, portanto, a contaminação do tecido intraseminal das sementes. Isso pode ocorrer, por exemplo, com sementes que apresentam endosperma ruminado.

30 A contaminação fúngica em tecidos intraseminiais ocorre apenas via endosperma ruminado da semente?

Não. Há espécies de fungos que precisam de insetos específicos para a dispersão dos esporos ou para a reprodução sexual dessas espécies. As estratégias desses microrganismos para atrair os insetos polinizadores são o mimetismo floral em que há a produção de diminutas flores vistosas com néctar e com os sinais olfativos. Dessa forma, durante a polinização de algumas espécies vegetais, pode haver contaminação do estigma floral por esporos dos fungos, resultando na formação de sementes com

tecidos intraseminais (sobretudo no eixo hipocótilo-radicular ou eixo embrionário) contaminados. Como exemplo de sementes com tecidos intraseminais contaminados por fungos, há algumas espécies de pimenta (*Capsicum* spp.), de goiabeira-serrana [*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret] e de marmelo do Cerrado [*Cordia sessilis* (Vell.) Kuntze].

31 O que é semente malformada?

A semente malformada é aquela que, durante seu desenvolvimento ou sua maturação, vivenciou algum tipo de estresse biótico ou abiótico, resultando na redução do depósito de nutrientes. Isso, provavelmente, interfere em sua massa, que se apresenta menor que aquela das sementes da mesma espécie, cultivar ou variedade, considerada bem formada. Outro fator que pode levar à má formação da semente é a instalação de insetos dentro do fruto e esses causarem danos ou má formação do embrião. A semente malformada originará uma plântula anormal ou menos vigorosa.

32 O que é semente vazia ou chocha?

A semente vazia ou chocha é aquela desprovida de embrião. Isso ocorre por causa de fatores adversos no momento da polinização ou por incompatibilidade durante o cruzamento, ou mesmo a predação pré-dispersão. Nesse caso, a larva do inseto é depositada na flor ou no fruto, e durante seu desenvolvimento alimenta-se do embrião da semente. As sementes vazias ou chochas podem ter ou não resíduos de outros tecidos.

33 O que é semente autotrófica?

Semente autotrófica é aquela que possui em si todas as unidades fisiológicas básicas (efetadores de crescimento, barreiras

de difusão, fontes de energia potencial e precursores biossintéticos), o que lhe permite germinar sem o auxílio de outro organismo.

34 O que é semente heterotrófica?

Semente heterotrófica é aquela que possui as unidades fisiológicas básicas de fontes de energia potencial e precursores biossintéticos, inteira ou parcialmente, exercidas por outros organismos. Um exemplo clássico desse tipo de comportamento é verificado na associação ou simbiose entre sementes de várias espécies de orquídeas com fungos micorrízicos.

35 O que é semente endospermática ou albuminosa?

Semente endospermática ou albuminosa é aquela em que os nutrientes de reserva estão acumulados no endosperma ou albume ou albúmen, como em sementes de café (*Coffea arabica* L.), de seringueira [*Hevea brasiliensis* (A. Juss.) Müll. Arg.], e de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes).

36 O que é semente cotiledonar ou exalbuminosa?

Semente cotiledonar ou exalbuminosa é aquela em que os nutrientes de reserva estão acumulados nos cotilédones, geralmente carnosos e volumosos, como em sementes das leguminosas como grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), ervilha (*Pisum sativum* L.), ingás (*Inga* spp.), baru (*Dipteryx alata* Vogel).

37 O que é semente infeccionada?

É a semente que tem associado a si algum patógeno ou praga alojado internamente.

38 O que é semente infestada?

É a semente que tem associado a si algum patógeno ou praga alojado externamente.

39 O que são tecnologias de sementes?

As tecnologias de sementes referem-se às técnicas, aos métodos e aos procedimentos de biologia aplicados às sementes de um lote, visando seu aprimoramento, seu desempenho e seu tratamento. Essas técnicas incluem “priming” ou condicionamento, diferentes tipos de revestimento, sementes artificiais.

40 O que é “priming” ou condicionamento de sementes?

“Priming” ou condicionamento de sementes são métodos pré-germinativos que aprimoram o desempenho fisiológico das sementes. Tais métodos permitem que o processo germinativo fique mais uniforme e que a germinação possa ser conduzida em intervalos de temperaturas mais amplos.

41 Quais são os métodos de condicionamento de sementes?

Os métodos de condicionamento são:

- Condicionamento osmótico: hidratação de sementes por imersão em soluções de polietileno glicol, manitol, glicerol ou sais orgânicos, como nitrato de potássio, cloreto de potássio, cloreto de sódio.
- Condicionamento hídrico: hidratação de sementes com água, entre papel ou em água aerada, seguida de secagem por sucessivos ciclos, controlando-se a temperatura e a velocidade de hidratação, assim como a velocidade de secagem.

- Matricondicionamento: hidratação de sementes com água em presença de material inerte, como vermiculita, areia, argila, calcinita, microcel (silicatos sintéticos hidratados de cálcio).
- Método do tambor: hidratação de sementes com água ou vapor de água, em um tambor rotativo, variando-se o volume e o período de exposição ao tratamento.

42 O que é semente revestida?

Semente revestida é aquela recoberta com diferentes materiais sintéticos e inertes ou biológicos que lhe conferem proteção contra estresses térmico e hídrico, danos mecânicos durante a sementeira, contaminantes e pragas. Obrigatoriamente, a semente revestida é identificada com corante para diferenciá-la da semente não revestida.

43 Quais são os tipos de sementes revestidas?

Sementes peletizadas, incrustadas, em grânulos, em lâminas de papel ou em forma de fitas de papel ou outro material degradável, com ou sem tratamento, como inseticida, fungicida, agrotóxicos, nutrientes, ou outros aditivos. As sementes peletizadas e as incrustadas são as mais utilizadas.

44 Em que consiste a peletização de sementes?

A peletização consiste em recobrir sementes muito pequenas e com tegumento irregular utilizando-se uma camada mais espessa de um polímero (poliacrilamida, poliacrilato, tilose, argila, amido) e cola, a fim de torná-la maior, com formato e massa uniformes para que se tenha maior precisão ao semeio.

45 Em que consiste o incrustamento de sementes?

O incrustamento consiste em revestir as sementes que têm formas irregulares com uma camada fina de polímero, para aumentar o tamanho, a massa e uniformizar as formas das sementes, facilitando o processo de distribuição em equipamentos mecanizados de semeadura.

46 Quais sementes podem ser peletizadas ou incrustadas?

Qualquer tipo de semente pode ser revestido pelos processos de peletização ou incrustamento. Estes processos são usualmente aplicados em sementes pequenas e de formato desuniforme de espécies de hortaliças, forrageiras e ornamentais.

47 O que são sementes tratadas?

São sementes que receberam a aplicação de fungicidas, inseticidas, agrotóxicos, corantes, ou outros aditivos, sem que haja aumento significativo de tamanho, massa ou alteração de formato.

48 Quais são os métodos alternativos para tratamento de sementes contra patógenos?

Os métodos alternativos podem ser a utilização de extratos vegetais, inseticidas biológicos, controle biológico por meio de antagonistas, termoterapia e emissão de elétrons.

49 Como são classificadas as sementes quanto aos nutrientes de reserva?

- Amiláceas: têm como substâncias de reservas predominantes os amidos e,



em menores concentrações, proteínas e lipídios, como em sementes dos cereais, por exemplo, arroz (*Oryza sativa* L.) e aveia (*Avena sativa* L.).

- Aleuro-amiláceas: têm como substâncias de reservas predominantes as proteínas e os amidos, como em sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e de feijão-de-corda [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.].
- Lipídicas ou oleaginosas: têm como substâncias de reservas predominantes os lipídios e, em menor concentração, as proteínas, como em sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) e de amendoim (*Arachis hypogaea* L.).
- Aleuro-oleaginosas: têm como substâncias de reservas predominantes as proteínas e os lipídios, como em sementes de soja [*Glycine max* (L.) Merr.].
- Córneas: têm como substâncias de reservas predominantes a celulose e a hemicelulose, como em sementes de caqui (*Diospyros kaki* L.f.) e de tremoço (*Lupinus albus* L.).

50

Os nutrientes de reserva das sementes têm efeito sobre sua longevidade?

Sim, por causa da instabilidade química dos lipídeos, as sementes lipídicas ou oleaginosas deterioram-se mais rapidamente que as proteicas e amiláceas, sendo, portanto, menos longevas.

51

Como são classificadas as sementes para fins de conservação?

- Semente de comportamento ortodoxo ou semente ortodoxa: durante a maturação, a semente passa por desidratação intensa, adaptando-se à sobrevivência em condições de baixos teores de água após a dispersão. Essa semente, devidamente dessecada, não apresenta sensibilidade às temperaturas abaixo de zero grau Celsius. Como exemplo desse tipo de comportamento, há as sementes das espécies de hortaliças, cereais, olerícolas e diversas espécies nativas,

como o cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) e o cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* A. St.- Hil.).

- Semente de comportamento intermediário ou semente intermediária: durante a maturação, a semente passa por desidratação discreta, o que lhe confere uma tolerância relativa à dessecação, a qual varia com o genótipo e a espécie. Estruturas internas da semente sofrem danos quando a semente é congelada em temperaturas subzero, porém, o eixo embrionário mantém sua integridade. Como exemplo desse tipo de comportamento, há as sementes de café (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner), de laranja [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] e de jenipapo (*Genipa americana* L.).
- Semente de comportamento recalcitrante ou semente recalcitrante: durante a maturação, a semente não vivencia a dessecação. Sementes com esse tipo de comportamento apresentam variados graus de tolerância à desidratação, porém, perdem rapidamente a viabilidade, ainda com altos teores de água, e são extremamente sensíveis ao congelamento em temperaturas subzero. Como exemplo desse tipo de comportamento, há as sementes de cacau (*Theobroma cacao* L.), de pitomba [*Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk], e de pitanga (*Eugenia uniflora* L.).

52 Como é feita a classificação da água na semente?

A classificação da água na semente é feita de acordo com sua propriedade termodinâmica, seu potencial hídrico e sua atividade metabólica.

- Água do tipo 1: tem suas moléculas fortemente ligadas às superfícies das macromoléculas como componente estrutural e não se comporta como solvente.
- Água do tipo 2: tem suas moléculas aderidas às superfícies das macromoléculas ou grupos hidroxila de solutos. Esse tipo de água encontra-se em estado vítreo.

- Água do tipo 3: tem suas moléculas formando pontes com sítios específicos das macromoléculas. Esse tipo de água tem propriedades solventes e participa de algumas atividades metabólicas.
- Água do tipo 4 e do tipo 5: tem propriedades térmicas semelhantes às soluções diluídas.

53 O que é água “livre” da semente?

A água “livre” é aquela classificada como água do tipo 5. Ela se encontra nos espaços intercelulares e é a mais facilmente removida da semente. Esse tipo de água é removido das sementes desde sua maturação até sua secagem artificial após a dispersão.

54 Quais são os indicadores do ponto de maturação fisiológica da semente?

Eventos externos e internos aos frutos e às sementes são indicadores do ponto de maturação fisiológica da semente. As alterações físicas são expressões externas comuns aos frutos e às sementes e podem indicar o ponto de maturação fisiológica, como mudança de coloração (da coloração de glumas e de pedicelo para algumas espécies de gramíneas), textura, turgidez, densidade, teor de água, tamanho e massa, início de abertura dos frutos e a dispersão de frutos e sementes. Essas alterações podem variar entre genótipos, espécies e condições ambientais. No ponto de maturação fisiológica das sementes, ocorrem, internamente, o decréscimo da atividade bioquímica nos tecidos de reserva, a desidratação acentuada (sementes ortodoxas) e o aumento do acúmulo de matéria seca. No ponto de maturação fisiológica, as sementes apresentam o máximo desempenho germinativo e máximo vigor.

55

Sementes procedentes de frutos caídos no solo podem ser utilizadas em testes?

Geralmente, os frutos que caem no solo podem ter sementes mais próximas ao ponto de maturação fisiológica. Isso é observado, sobretudo, para frutos que possuem sementes grandes. Essas sementes podem ser utilizadas em testes, desde que retiradas dos frutos logo após a queda, impedindo, assim, que sejam predadas, contaminadas por microrganismos e tenham comprometimento de viabilidade e germinabilidade.

56

O que é deterioração de sementes?

A deterioração é o resultado da interação entre eventos endógenos (bioquímicos, fisiológicos, celulares e moleculares) e exógenos (estresses bióticos e abióticos), que levam à inativação gradual das funções metabólicas, seguida do envelhecimento e da morte das sementes.

O processo de deterioração tem caráter irreversível e individual, pois a velocidade com que ocorre varia entre sementes de uma mesma espécie e de uma mesma cultivar. Esse processo é expresso pela perda gradual da qualidade, germinabilidade e vigor da semente.

57

Quais são as alterações apresentadas pelas sementes em processo de deterioração?

As sementes em processo de deterioração apresentam alterações bioquímicas, fisiológicas, celulares, moleculares, citológicas e morfológicas gradativas até que a perda total da viabilidade ocorra. Sementes em processo avançado de deterioração germinam de modo desuniforme e lento, apresentam menor taxa de emergência no campo, além de produzirem plântulas anormais.

58 O que é vigor da semente?

O vigor da semente é o conjunto de características que determina sua capacidade para a germinação rápida e uniforme e o desenvolvimento de plântulas com todas as estruturas normais, em distintas condições ambientais. Para as sementes dormentes de espécies não domesticadas, o vigor deve ser avaliado após tratamentos para promover o desempenho germinativo.

59 O que é longevidade da semente?

A longevidade da semente é uma característica genético-fisiológica que determina por quanto tempo a semente permanece viável e capaz de produzir uma plântula com todas as estruturas normais, em condições ambientais favoráveis.

60 O que é viabilidade da semente?

A viabilidade é uma característica que indica se a semente está viva ou quais partes estão íntegras e em condições de germinar.

61 O que é germinabilidade da semente?

A germinabilidade expressa o percentual de sementes, de um lote ou de uma amostra, capazes de completar o processo germinativo, produzindo plântulas íntegras em condições adequadas.

62 Como são avaliadas a integridade e a qualidade de sementes?

A integridade e a qualidade de sementes são avaliadas por meio de diferentes tipos de testes, como os de umidade, germinação, vigor, viabilidade ou tetrazólio, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, sanidade, análise de pureza e outros.

63 O que é teste de umidade?

É o teste que determina a massa de água da semente no momento de sua avaliação. Por meio deste teste, tem-se o percentual dessa massa de água, que é evaporada durante o teste. O valor aferido é expresso com base na massa fresca ou com base na massa seca, podendo indicar o quanto a semente deve ser desidratada para fins de armazenamento ou conservação.

64 O que é teste de germinação?

É o teste que avalia a germinabilidade ou o poder germinativo da semente e, por conseguinte, sua qualidade fisiológica. De acordo com a espécie, o teste é conduzido adotando-se tratamentos pré-germinativos ou germinativos para superar a dormência e variações de temperaturas e substrato.

65 O que é teste de vigor?

É o teste que avalia a qualidade fisiológica da semente. Geralmente, é adotada uma combinação de testes, como a primeira contagem do teste de germinação e as medições das partes radicular e aérea, bem com matéria seca e fresca das plântulas. Nesse teste são calculados a emergência de plântulas e o índice de velocidade de emergência de plântulas.

66 O que é teste de viabilidade?

É o teste que indica o tecido vivo das sementes e, indiretamente, a integridade das mitocôndrias. Nesse teste utiliza-se a solução incolor 2,3,5 trifênil cloreto ou brometo de tetrazólio, sendo possível identificar a viabilidade individual das sementes, as sementes dormentes viáveis, as sementes com danos de dessecação e congelamento, as sementes com danos por pragas, etc.

67 O que é teste de envelhecimento acelerado?

É o teste que avalia o vigor das sementes por meio do teste de germinação, após exposição por tempo variado, em condições de estresse abiótico dado por altas temperaturas e umidade relativa próxima a 100%, acelerando o processo de deterioração das sementes.

68 O que é teste de condutividade elétrica?

É o teste que indica a integridade das membranas celulares, mensurando-se o vazamento de solutos em decorrência de alterações vivenciadas pela semente.

69 O que é teste de sanidade?

É o teste que avalia a integridade sanitária da semente, identificando e quantificando os microrganismos patogênicos e saprófitos a ela associados.

70 O que é análise de pureza?

É a análise que identifica as diferentes espécies de sementes ou diásporos e o material inerte contidos em um lote ou em uma amostra de sementes.

71 O que é teste de raios X?

É o teste que determina a integridade morfológica interna das sementes e seu potencial fisiológico. Por meio desse teste é possível classificar as sementes em cheias, vazias, malformadas, embrião danificado parcial ou totalmente, entre outros. Esse teste não é destrutivo, e com os resultados das imagens geradas por ele,

é possível selecionar melhor as sementes de uma amostra ou de um lote.

72 O que é beneficiamento ou processamento de sementes?

É um conjunto de procedimentos adotados para conferir melhor qualidade física, fisiológica e sanitária às sementes. Esses procedimentos consistem na remoção das sementes dos frutos, na limpeza das sementes retirando-se aquelas de outras espécies danificadas, predadas, contaminadas, imaturas ou vazias, como também do material inerte, restos de frutos, folhas e peças florais. A remoção desses contaminantes pode ser feita manualmente ou passando-se as sementes em peneiras para análise e controle granulométrico, em mesa densiométrica ou de gravidade, em máquina de ar ou soprador de ar. Outra etapa do processamento é a separação de sementes pelo gradiente de tamanho e, finalmente, o ajuste do teor de água das sementes.

73 Quais são os métodos para a extração de sementes dos frutos secos?

- Frutos deiscentes secos se abrem quando maduros. As sementes podem se desprender naturalmente dos frutos após a deiscência ou ser extraídas manualmente.
- Frutos indeiscentes secos não se abrem quando maduros. Os frutos são abertos com o auxílio de alicate, faca, marreta, martelo, morsa, tesoura, tesoura de poda e torno. As sementes são retiradas dos frutos com o auxílio de um objeto pontiagudo ou extrator de clips ou manualmente.

74 Quais são os métodos para a extração de sementes dos frutos carnosos?

Os frutos carnosos frescos são friccionados em peneira, na presença de água para a remoção das estruturas que envolvem as

sementes. Podem ter o pericarpo e o mesocarpo removidos com faca, em presença de água, deixando-se as sementes envoltas pelo endocarpo. Partes dos frutos contendo as sementes podem, ainda, ser friccionados em papel seco para remoção do endocarpo.

75

Quais são os métodos para a extração de sementes dos frutos farináceos?

Os frutos farináceos são friccionados em peneira para a remoção de pericarpo e mesocarpo, deixando-se a semente envolta pelo endocarpo. Esses frutos podem ser quebrados em uma morsa para a obtenção da semente.

76

Quais são os métodos para a extração de sementes de cariopses?

Para as espécies cultivadas comercialmente e que possuem este tipo de fruto, as operações, desde a colheita até o processamento, são realizadas, na maioria das vezes, mecanicamente. No caso do milho (*Zea mays* L.), cujo fruto é uma cariopse nua, após a colheita, é feita a despalha das espigas, seguida da debulha para a obtenção das sementes. Já para o arroz (*Oryza sativa* L.), cujo fruto é uma cariopse revestida, após a colheita manual ou mecânica, é feita a trilhagem, seguindo-se com a separação e limpeza dos grãos.

77

O que é germinação epígea?

A germinação epígea caracteriza-se pela elevação dos cotilédones pelo hipocótilo e sua exposição acima do solo, como em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e girassol (*Helianthus annuus* L.).

78

O que é germinação hipógea?

Na germinação hipógea, os cotilédones e o escutelo permanecem aprofundados ou na superfície do solo. O afloramento

dessas estruturas é feito pelo alongamento do epicótilo, como em trigo (*Triticum sativum* Lam.) e milho (*Zea mays* L.).

79 O que é germinação fanerocotiledonar?

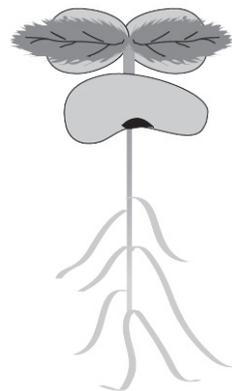
Na germinação fanerocotiledonar, os cotilédones saem do tegumento ou da testa e se expandem. As sementes das espécies que apresentam esse tipo de germinação têm também germinação epígea, como em jatobá (*Hymenaea martiana* Hayne).

80 O que é germinação criptocotiledonar?

Na germinação criptocotiledonar, os cotilédones permanecem dentro do tegumento ou da testa. As sementes das espécies com esse tipo de germinação têm também germinação hipógea, como em gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott).

81 O que é plântula?

Plântula é o embrião da semente que se desenvolve durante o processo germinativo, na qual se distingue a radícula e a plúmula e que ainda depende dos tecidos de reserva da semente para dar continuidade a seu crescimento. A plântula é, portanto, um indivíduo heterotrófico.



82 Quando a plântula é considerada uma planta?

A partir do momento que a plântula passa a fazer fotossíntese, não dependendo mais de reservas da semente para seu crescimento (autotrofia), tornando-se uma jovem planta em que há aparecimento e expansão de folhas e o desenvolvimento de sistema radicular.

83 O que é viviparidade?

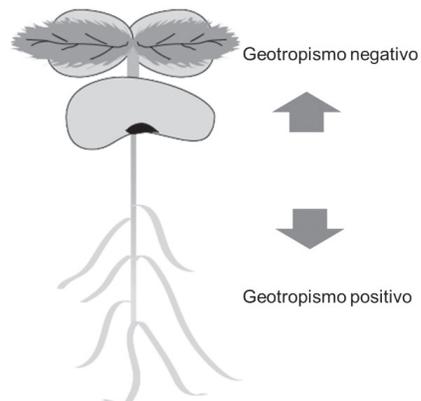
Viviparidade é um processo biológico que se caracteriza pela precocidade de germinação ou o contínuo crescimento das sementes quando ainda se encontram na planta-mãe. A viviparidade pode ser atribuída à baixa concentração de ácido abscísico (ABA) ou à insensibilidade a ele e elevado teor de água das sementes. Pode, ainda, ser considerada uma estratégia de sobrevivência contra o predador da semente, uma vez que o paladar da semente difere daquele da plântula. A viviparidade ocorre em sementes de inúmeras famílias botânicas, como em sementes de espécies do gênero *Inga* spp., em algumas espécies de palmeiras (Arecaceae Schultz. Sch.), em tomate (*Solanum lycopersicum* L.), morango (*Fragaria x ananassa* Duch. ex Rozier) e outras frutas.

84 O que é geotropismo?

Geotropismo é o movimento ou o crescimento de partes das plantas em resposta ao estímulo exercido pela gravidade. A raiz cresce em direção ao centro de gravidade, geotropismo positivo, e a parte aérea das plantas crescem em direção oposta, geotropismo negativo.

85 Qual é a importância do geotropismo na germinação?

Durante o processo germinativo, o geotropismo é de grande importância para a orientação do crescimento da plântula, sendo que o caule assume a curvatura geotrópica negativa, enquanto a curvatura da radícula apresenta curvatura geotrópica positiva.



86

O que são condições de normóxia, hipóxia e anóxia de germinação?

Essas condições correspondem às variações das concentrações de oxigênio em ambiente aquático ou de alagamento periódico. As espécies vegetais e suas sementes que vivem em condições de alagamento constante ou periódico têm estruturas e metabolismo respiratório adaptados aos distintos deficit de oxigênio. Assim, as condições de suprimento ou deficit de oxigênio são:

- Condição de normóxia: há suprimento normal de oxigênio.
- Condição de hipóxia: há privação parcial de oxigênio ou uma redução em sua concentração.
- Condição de anóxia: há privação total de oxigênio.

87

Há sementes que germinam em mais de uma condição de suprimento de oxigênio?

Sim. Algumas espécies possuem sementes adaptadas para germinarem em condições de normóxia e hipóxia, como as sementes de sucuuba [*Himatanthus sucuuba* (Spruce ex Müll. Arg.) Wood.], de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) e de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.).

88

O que é hipobiose em semente?

É o evento em que a semente permanece em estado de latência com redução da atividade metabólica para evitar gasto energético, por causa de condições ambientais adversas.

89

Quais são os tipos de hipobiose?

- Criobiose: em resposta a baixas temperaturas.
- Anidrobiose: em resposta à ausência de água.

- Anoxibiose: em resposta à ausência de oxigênio.
- Osmobiose: em resposta a altas concentrações salinas.

90 O que é fotoperíodo?

O fotoperíodo é a mudança ou alternância de iluminação pela duração de dias e noites, regulando várias funções fisiológicas dos vegetais, como a germinação. A floração também está condicionada ao fotoperíodo. Assim, há plantas de dias curtos que florescem no final do verão, outono e inverno; plantas de dias longos que florescem na primavera e no início do verão e as plantas indiferentes cujos estímulos para a floração são a água e a temperatura.

91 O fotoperíodo interfere na produção de sementes?

Sim, pois algumas espécies são dependentes das condições fotoperiódicas, tanto para florescerem quanto para produzirem sementes. De acordo com a cultivar, a variedade ou o genótipo, deve-se atender a suas exigências para o cultivo. Como exemplo, há cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merr.] de dias curtos, de beterraba (*Beta vulgaris* L.) de dias longos e de milho (*Zea mays* L.) de dias curtos e indiferentes.

92 Quais são os procedimentos comumente adotados para higienizar sementes, objetos e ambientes de manuseio de sementes?

Os procedimentos adotados para a higienização de sementes, objetos e ambientes de manuseio de sementes são:

- Assepsia: é a erradicação de contaminação fúngica por meio da ação de raios ultravioleta, termoterapia, exposição ao álcool 70%, ao hipoclorito de sódio ou ao ácido paracético, por períodos de exposição e concentrações variáveis.

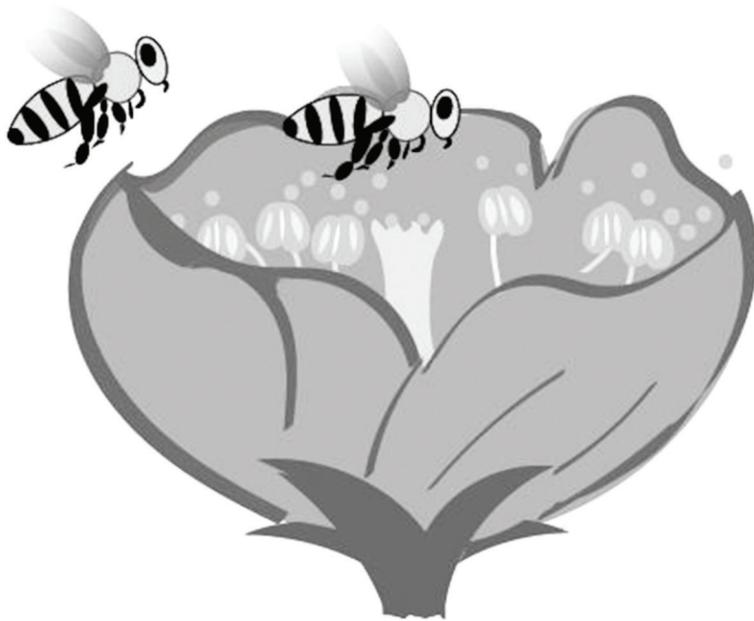
- Desinfestação: é a eliminação de parasitas, insetos e roedores por tratamento com inseticidas, acaricidas ou outros pesticidas.
- Desinfecção: é a eliminação de microrganismos (fungos, vírus, bactérias e outros) da superfície das sementes por tratamento com calor, como banho quente ou flambagem, e com agentes químicos, como álcool 70%, hipoclorito de sódio ou ácido paracético, por períodos de exposição e concentrações variáveis.
- Descontaminação: é o processo que consiste na remoção física de agentes contaminantes usando-se produtos químicos ou mecânicos e que sucede à limpeza de objetos e ambientes, tornando-os mais seguros ao manuseio.

93

Como as mudanças climáticas podem interferir desde a formação da semente até sua germinação?

As mudanças climáticas tornam-se cada vez mais intensas e comprometedoras ao meio ambiente e à sobrevivência das plantas. As alterações como estiagens, alagamentos e variações térmicas excessivas podem causar redução no número de flores formadas; perda de botões florais e de frutos por intempéries climáticas; mudanças no ciclo reprodutivo do polinizador, comprometendo o processo de polinização; redução na produção de frutos e, por conseguinte, de sementes; alternâncias de ciclos produtivos das espécies e reprodutivo dos dispersores; comprometimento da sobrevivência de microrganismos que auxiliam o processo germinativo. Em síntese, os tipos de estresses hídricos e térmicos resultantes das mudanças climáticas podem comprometer a formação de sementes em quantidade, com qualidade e interferir significativamente em sua germinação.

2 Polinização, Formação e Desenvolvimento da Semente



*Diva Maria de Alencar Dusi
Carmen Silvia Soares Pires
Vera Tavares de Campos Carneiro*

94 Como as plantas se reproduzem?

As plantas se reproduzem de duas formas: por reprodução sexual ou assexual. A reprodução sexual envolve a produção de gametas feminino e masculino, o transporte do gameta masculino até o gameta feminino e a fecundação do gameta feminino. A fusão dos gametas masculino e feminino dá origem ao ovo ou zigoto e, então, ao embrião, que se desenvolverá em uma nova planta. Na reprodução assexual, novas plantas se formam vegetativamente a partir de partes vegetativas da planta, como caule, raízes e folhas, ou por apomixia a partir de parte reprodutiva da planta, o óvulo, sem que haja a fecundação do gameta feminino pelo masculino.

95 Quais são as plantas que produzem sementes?

As plantas produtoras de sementes são as angiospermas e as gimnospermas. O termo angiosperma vem das palavras do idioma grego “angeion”, que significa urna, e “sperma”, que quer dizer semente. Assim, as angiospermas têm como característica marcante a presença de flores e frutos, sendo que nessas plantas as sementes são formadas e permanecem dentro do fruto até a sua dispersão. Macieira [*Malus domestica* (Suckow) Borkh.], pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Cambess.), tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) e goiabeira (*Psidium guajava* L.) são exemplos conhecidos de angiospermas. O termo gimnospermo é formado por “gymnos” (palavra grega que significa “nu”) e “sperma” (palavra grega que significa “semente”). Assim, as gimnospermas são plantas que não possuem flores e frutos, e suas sementes são produzidas nos estróbilos (ou cones) femininos e não estão dentro de frutos, sendo, por isso, chamadas sementes nuas. Pinheiro-do-paraná [*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze], pinheirinho-bravo (*Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl.), ciprestes e sequoia [*Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl.] são exemplos de gimnospermas.

96 Todas as plantas produzem sementes?

Nem todas as plantas produzem sementes e algumas, mesmo produzindo sementes, se propagam por reprodução vegetativa.

97 O que é reprodução vegetativa?

A reprodução vegetativa – na qual clones, ou seja, plantas idênticas, são produzidos – pode se dar também diretamente de: raízes, caules, folhas, brotos, bulbos, tubérculos e rizomas. A bananeira (*Musa* L.) e a espada-de-são-jorge (*Sansevieria trifasciata* Prain) se propagam por rizomas; o morangueiro (*Fragaria* L.) e a grama (*Paspalum notatum* Flügge ou *Zoysia japonica* Steud.), por estolões; e a batata (*Solanum tuberosum* L.), por estolões e tubérculos; a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) se reproduz por perfilhos. Plantas ornamentais, como as suculentas, emitem plântulas com raízes na borda de suas folhas. As samambaias [*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn] e [*Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod], as avencas (*Adiantum capillus-veneris* L.) e os musgos, como os da classe Bryidae, não produzem sementes.

98 Qual a importância da produção de sementes para as plantas?

As sementes são a forma mais comum de propagação de plantas. A reprodução sexual, que garante a variabilidade genética da espécie, só é possível com a formação de sementes. Além disso, a semente protege e nutre o embrião em seu interior, garantindo seu crescimento em nova planta e sua replicação através dos anos. As sementes, dispersadas ou liberadas pela planta, germinam em condições favoráveis, dando origem a novas plantas, com importância na preservação das espécies e no desenvolvimento da agricultura.

99

Em quais estruturas das plantas estão seus órgãos reprodutivos?

Nas plantas do grupo das angiospermas, os órgãos reprodutivos estão nas flores. Nas gimnospermas, os órgãos reprodutivos estão nos estróbilos ou cones, folhas modificadas.

100

O que é a flor?

Flor é a estrutura reprodutiva das angiospermas na qual se produz a semente. Ela é constituída de pedúnculo ou pedicelo, sépalas (cálice), pétalas (corola) e de órgãos reprodutivos, androceu e gineceu. O androceu é a parte masculina da flor, o conjunto dos estames. Os estames, por sua vez, são formados por estilete e antera. O gineceu é a parte feminina da flor, composta pelo pistilo ou conjunto de pistilos. Cada pistilo possui ovário, estilete e estigma. Dentro do ovário, um ou mais óvulos são formados. As flores das gramíneas, em vez de sépalas e pétalas, possuem glumas. Gluma é cada uma das duas brácteas membranosas posicionadas em torno da espigueta (flor) das gramíneas.

101

O que são flores hermafroditas ou monoicas?

Flores hermafroditas ou monoicas são aquelas que contêm os órgãos reprodutivos de ambos os sexos, feminino e masculino, conforme esquematizado na Figura 1. A maioria das angiospermas possui flores hermafroditas, como algodão (*Gossypium hirsutum* L.), soja [*Glycine max* (L.) Merr.], feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), batata (*Solanum tuberosum* L.), quiabo [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench.], braquiária [*Brachiaria* (Trin.) Griseb.], ipê-do-cerrado [*Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos] e monjoleiro [*Senegalia polyphylla* (DC.) Britton & Rose].

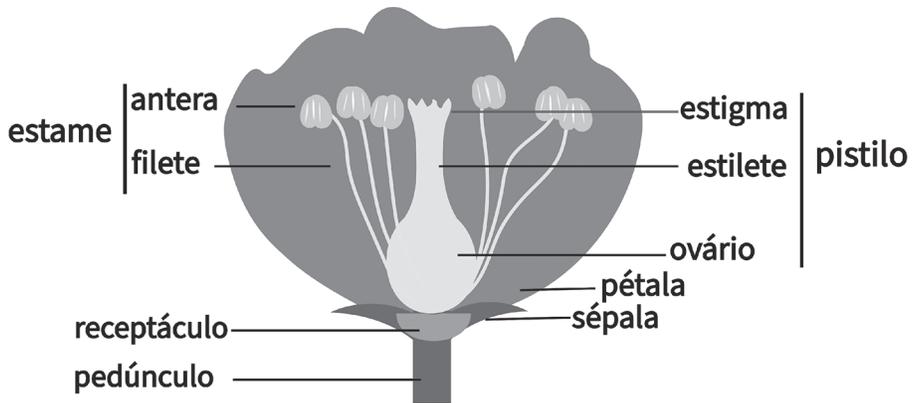


Figura 1. Representação esquemática de uma flor hermafrodita mostrando os órgãos reprodutivos masculino (estame: antera e filete) e feminino (pistilo: estigma, estilete, ovário) e as peças florais (pétala, sépala, receptáculo e pedúnculo).

102 O que são flores dioicas?

Flores dioicas são aquelas que apresentam órgãos reprodutivos de apenas um dos sexos (feminino ou masculino), por exemplo, em plantas da família Cucurbitaceae, como a aboboreira (*Cucurbita* sp.), o melão (*Cucumis melo* L.) e a melancia [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai].

103 Em qual parte da flor é formado o grão de pólen?

Nas plantas com flores, as angiospermas, os grãos de pólen são formados nas anteras, parte do órgão reprodutivo masculino da flor (Figura 2). Nas plantas que não produzem flores, as gimnospermas, os grãos de pólen são produzidos nos cones ou estróbilos masculinos de pinheiros (*Pinus* spp.) e das espécies de cicadófitas, por exemplo.

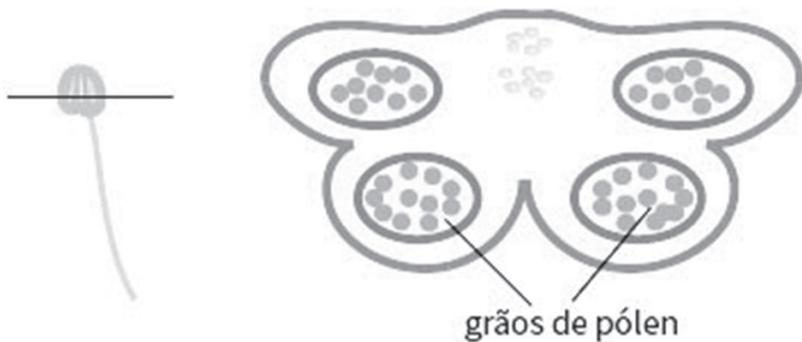


Figura 2. Representação esquemática de uma antera, à esquerda, seccionada transversalmente, e à direita, os grãos de pólen em seu interior.

104 Em qual parte da flor são formados os óvulos?

Nas plantas com flores, os óvulos (Figura 3) são formados dentro dos ovários, parte do órgão reprodutivo feminino da flor. Dentro do óvulo, o saco embrionário contém a oosfera, que é o gameta feminino. As gimnospermas não produzem flores, e o óvulo nu, que não é protegido pela parede de um ovário, está no estróbilo feminino e contém o gametófito feminino e a oosfera.

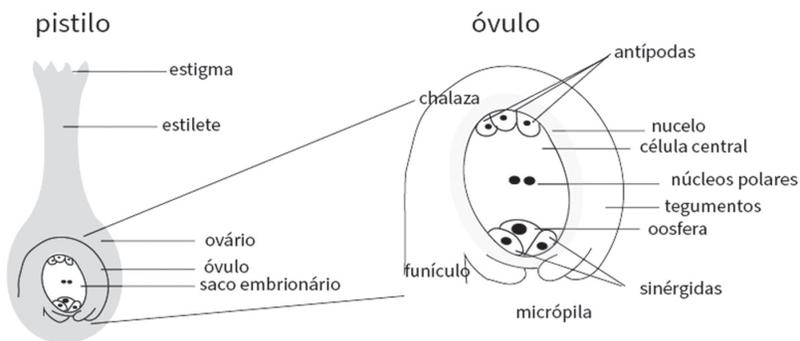


Figura 3. Representação esquemática do pistilo e das partes do óvulo e do saco embrionário do tipo *Polygonum*.

105 O que é polinização?

Polinização é a transferência dos grãos de pólen da antera, na parte masculina, para o estigma, na parte feminina das flores. Com a germinação do pólen, ocorre o crescimento do tubo polínico no estilete até o óvulo. O resultado da polinização é a fecundação dos óvulos e a produção de sementes e frutos.

106 O que é autopolinização?

A autopolinização é a transferência do grão de pólen da antera para o estigma da mesma flor, ou de outra flor do mesmo indivíduo. Conforme esquematizado na Figura 4, o grão de pólen da antera da flor do indivíduo 1 é transferido para o estigma da mesma flor ou para outra flor desse indivíduo. Na autopolinização, como a planta progenitora é uma só, ou seja, os genes da parte masculina e feminina vêm do mesmo indivíduo, a variabilidade genética resultante é restrita e certamente menor do que a obtida na polinização cruzada.

107 Qual a vantagem da autopolinização?

A vantagem da autopolinização é que – caso a planta se encontre distante de outras com as quais poderia cruzar, ou na ausência de polinizadores – há uma garantia para a reprodução, a produção de sementes e a propagação do genótipo na eventual morte da planta progenitora.

108 O que é polinização cruzada?

A polinização cruzada é a transferência do grão de pólen da antera de uma flor de um indivíduo para o estigma de outra flor que está em indivíduo diferente. Na representação esquemática da Figura 4, corresponde à transferência do grão de pólen da

antera de uma flor do indivíduo 1 para o estigma de uma flor do indivíduo 2. Na polinização cruzada, as células espermáticas de um indivíduo se unem à oosfera de outro indivíduo, resultando em novas combinações de genes que podem originar plantas com maior capacidade de adaptação do que as plantas progenitoras.

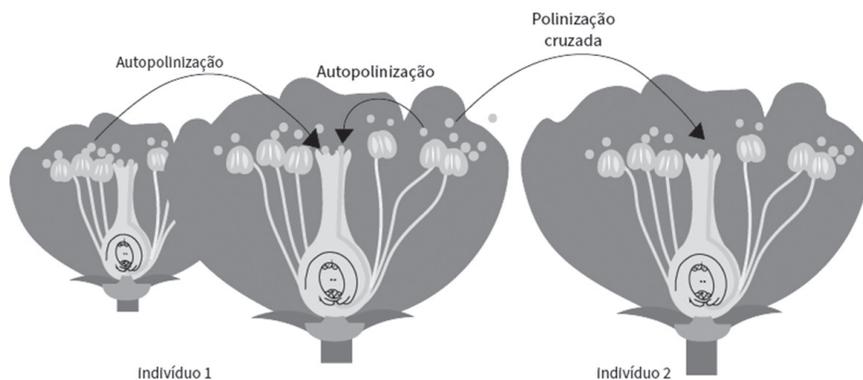


Figura 4. Representação esquemática de autopolinização e de polinização cruzada.

109 Como são formadas as sementes em angiospermas?

Nas angiospermas, as sementes são formadas em decorrência da polinização e da dupla fecundação, que é o encontro do gameta masculino com o feminino formando o ovo ou zigoto e o encontro do outro gameta masculino com o núcleo da célula central do óvulo formando o endosperma da semente. Os óvulos contêm as sementes, e o ovário desenvolve o fruto.

110 Como são formadas as sementes em gimnospermas?

Em sua maioria, nos gêneros de plantas pertencentes às gimnospermas, os grãos de pólen germinam em gotas de polinização. Após a germinação, ocorrem a liberação das células espermáticas,

os gametas masculinos, e a fecundação simples, que dá origem ao embrião protegido pelo megasporangium (nucelo) e tegumentos.

111 Quais são os agentes polinizadores das plantas?

Os agentes polinizadores das plantas são o vento, a água e, principalmente, os animais (aves, morcegos, roedores, mamíferos e insetos). A gravidade também pode fazer com que os grãos de pólen caiam sobre a parte feminina da flor. Dentre os animais, os insetos como abelhas, moscas, borboletas, mariposas, vespas, besouros e tripes formam o principal grupo de polinizadores, tanto das plantas cultivadas quanto das silvestres.

112 Qual é a importância da polinização por abelhas para as plantas cultivadas e silvestres?

Aproximadamente 75% das plantas cultivadas e silvestres utilizadas na produção de alimentos dependem em algum grau da polinização feita por animais (Potts et al., 2016). A visitação das flores pelas abelhas, mesmo naquelas espécies de plantas que se reproduzem sem as abelhas, pode promover a polinização cruzada (ver Pergunta e Resposta nº 108), ampliando a variabilidade genética. Nos ambientes naturais, o aumento da variabilidade genética é a base para a manutenção das comunidades de plantas e a estabilidade dos ecossistemas. Nos ambientes agrícolas, além de incrementar a produção de frutos e sementes (em quantidade e qualidade), a polinização cruzada pode aumentar a resistência a pragas (insetos e patógenos).

113 Qual é o grau de dependência das plantas pela polinização promovida pelos animais?

A dependência das plantas pela polinização promovida pelos animais, definida pelo quanto da produção é incrementada

pela ação de polinizadores, varia gradativamente de pequena, modesta, grande a essencial. Nas espécies de plantas em que a dependência é grande ou essencial, sem a ação de um agente polinizador, a produção de frutos e sementes não acontece. Esse é o caso de abóbora (*Cucurbita* sp.), de acerola (*Malpighia emarginata* DC.), de maçã [*Malus domestica* (Suckow) Borkh.], de maracujás (*Passiflora* spp.), de melancia [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai], de melão (*Cucumis melo* L.) e de pepino (*Cucumis sativus* L.). A dependência é considerada modesta para aquelas espécies que, mesmo se autopolinizando, se beneficiam das visitas das abelhas e que têm sua produção incrementada. Esse é o caso do algodoeiro (*Gossypium* spp.), do café (*Coffea* spp.), do caju (*Anacardium* spp.), do morango (*Fragaria x ananassa* Duch. ex Rozier), da canola (*Brassica* spp.) e da soja [*Glycine max* (L.) Merr.], por exemplo.

114 O que é forrageamento?

Forrageamento, no caso das abelhas, é o comportamento para coleta de recursos alimentares (pólen, néctar), resinas e óleos.

115 Quantas flores são visitadas pelas abelhas durante o forrageamento?

O número de flores visitadas pelas abelhas durante um voo de forrageamento, que resulta na polinização, é muito variável e vai depender da distribuição espacial e temporal dos recursos florais. Variações no volume de néctar podem alterar, por exemplo, o tempo de visita na flor e o número de flores visitadas. O número de flores visitadas por *Apis mellifera* Linnaeus, 1758, conhecida como abelha-europa ou abelha-de-mel, está diretamente relacionado à quantidade de flores abertas numa planta e à densidade de plantas floridas numa área.

116 Qual é a distância de voo das abelhas?

A distância de voo das abelhas é muito variável, podendo ser de algumas centenas de metros até alguns quilômetros de distância dos ninhos, dependendo da espécie. A capacidade de voo das abelhas forrageiras ou campeiras está diretamente relacionada ao tamanho corporal do indivíduo. Assim, espécies menores, como as abelhas sem ferrão iraiá [*Nannotrigona testaceicornis* (Lepeletier, 1836)] e jataí [*Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811)], podem voar distâncias máximas que variam entre 500 m a 1.000 m. Abelhas maiores, como mandaçaia (*Melipona quadrifasciata* Lepeletier, 1836) e uruçú-nordestina (*Melipona scutellaris* Latreille, 1811), podem voar distâncias maiores do que 2 km. Já a espécie *A. mellifera* pode percorrer em média 3 km a partir da colmeia para a coleta de alimento. É bom considerar que a distância de voo das abelhas é influenciada pela disponibilidade e qualidade do alimento nas áreas no entorno da colônia.

117 Por que se considera que as abelhas estão em perigo de extinção?

Desde 2006–2007 há registros de perdas de colônias da abelha manejada (*A. mellifera*) anualmente na América do Norte e em muitos países da Europa. Essas mortalidades da abelha melífera, conhecidas como síndrome do colapso das colônias (do inglês, *colony collapse disorder* – CCD), têm sido atribuídas a múltiplos fatores, como: uso indiscriminado de agrotóxicos, incidência de patógenos e pragas, manejo inadequado das colônias, fatores climáticos, alimentação deficiente por causa da perda de ambientes naturais e, principalmente, da interação entre eles (Pires et al., 2016). Nos ambientes naturais, o desmatamento e a degradação florestal são os principais fatores que levam à redução de populações e à extinção de espécies de abelhas, uma vez que as abelhas dependem diretamente das plantas como fonte de alimento, locais e recursos para construção de seus ninhos.

Como diminuir o risco de uma redução drástica da população de abelhas?

Para reverter o quadro de declínio das populações de abelhas, várias medidas foram propostas pela Plataforma Intergovernamental sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (IPBES)¹. Entre elas, são fundamentais:

- Incrementar e manter a diversidade e disponibilidade de recursos florais (néctar e pólen) e locais para que os polinizadores façam seus ninhos ao longo do tempo e no espaço nas áreas agrícolas e em ambientes urbanos. Isso pode ser feito por meio da restauração de habitat e remanescentes vegetais na paisagem rural, bem como por meio da implantação de corredores ecológicos com o plantio de espécies silvestres provedoras de pólen e néctar.
- Implementar políticas públicas de apoio ao agricultor para incentivar, fomentar e garantir a transição para uma agricultura de base ecológica e sustentável, tais como: a) promover a implantação de medidas que levem à redução no uso de agrotóxicos e à substituição por produtos biológicos ou produtos menos tóxicos e de rápida degradação; b) praticar os princípios do manejo integrado de pragas (MIP), ou seja, substituir por: fazer monitoramento e aplicar controle químico somente quando as pragas atingirem o nível de dano econômico; c) inserir a polinização feita por abelhas (manejaadas e silvestres) dentro dos sistemas de produção como um insumo.

Quais os fatores morfológicos e fisiológicos da flor que interferem na polinização?

A morfologia floral é muito variada e influencia diretamente na polinização, na atração e na capacidade dos agentes polinizadores

¹ Disponível em: <http://abelha.org.br/politicas-publicas-ipbes/>

de dispersão do pólen. Entre os fatores que interferem na polinização estão: o tipo de inflorescência e da flor (monoica ou dioica); a posição do ovário e das anteras nas flores; o momento de maturação dos estames, estilete e estigma; a cor de pétalas, sépalas, estigma, tipo de estigma, presença ou ausência de nectários que podem favorecer diferentes tipos de polinizadores; incompatibilidade do estigma e pólen que são controlados por fatores genéticos.

120 O que é síndrome de polinização?

É um conjunto de características das flores que estão estritamente relacionadas com a forma e o comportamento do seu agente polinizador (Rech et al., 2014). Essas características, morfológicas (forma, coloração), químicas (composição e periodicidade de liberação do odor floral) e fenológicas (horário de abertura, de liberação dos grãos de pólen e de produção do néctar), são resultado do processo de coevolução das flores e seus diferentes polinizadores. Por exemplo, flores que se abrem à noite e são polinizadas por mariposas e morcegos, em geral, têm as pétalas de cores pouco chamativas, liberam fortes odores durante a noite, entre outras características. Flores que são polinizadas pelo vento geralmente não apresentam atrativos para visitantes florais, como néctar, odor e cores vistosas.

121 Como são classificadas as síndromes de polinização?

Baseando-se nas características florais e nos agentes polinizadores, temos as seguintes síndromes de polinização:

- Melitofilia: polinização por abelhas.
- Psicofilia: polinização por borboletas.
- Esfingofilia (+ falenofilia): polinização por mariposas da família Sphingidae e outras mariposas, principalmente da família Noctuidae.
- Miofilia: polinização por moscas.

- Cantarofilia: polinização por besouros.
- Quiropterofilia: polinização por morcegos.
- Ornitofilia: polinização por aves.
- Anemofilia: polinização pelo vento.
- Hidrofilia: polinização pela água.

122

Uma espécie de planta pode ter mais de um agente polinizador?

Sim. Por exemplo, as flores do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) podem ser polinizadas pelo vento e por abelhas que conseguem vibrar as flores para liberar os grãos de pólen dentro do tubo polínico.

123

É possível incrementar a eficiência da polinização pelo manejo de polinizadores?

Sim. É possível incrementar a eficiência da polinização introduzindo nos ambientes agrícolas colônias de abelhas manejadas, como *A. mellifera* e de espécies de meliponíneos, as abelhas indígenas sem ferrão. Para isso, é preciso conhecer a biologia floral da cultura-alvo para escolher a abelha adequada àquela espécie vegetal, bem como conhecer a biologia da abelha escolhida para proceder ao manejo adequado das colônias no ambiente agrícola. Outra forma de aumentar a eficiência da polinização é manejar o agroecossistema de forma a promover o aumento e a manutenção das populações de espécies silvestres já existentes no entorno das áreas cultivadas.

124

Quais fatores ambientais interferem na polinização?

Fatores climáticos podem impactar a polinização das plantas, uma vez que a chuva, o vento e a temperatura influenciam a produção, a liberação e a dispersão dos grãos de pólen. A atividade dos agentes polinizadores, por sua vez, é também influenciada pelas condições

climáticas. Há relatos de que a polinização de algumas espécies pode ser mais eficiente quando realizada por agentes silvestres, reforçando a importância de considerações ecológicas e ações de preservação, aumento, introdução e manejo dessas espécies em áreas cultivadas. Na agricultura, mostra-se importante reduzir a exposição dos animais polinizadores aos agrotóxicos, com cuidados que vão da escolha de produtos de menor toxicidade à sua aplicação noturna, quando os insetos não estão visitando as flores.

125

Em quais situações as plantas cultivadas são polinizadas manualmente pelo homem?

Nos experimentos de melhoramento genético, usa-se a polinização manual para se ter controle da origem dos gametas feminino e masculino e, assim, selecionar as características fenotípicas desejáveis para a progênie. Usa-se a polinização manual também em espécies de plantas cultivadas que dependem da polinização cruzada, cujo agente polinizador está escasso, como é o caso dos maracujazeiros. As flores de maracujazeiros são hermafroditas, porém, são autoincompatíveis, ou seja, o pólen de uma flor não consegue fecundar a oosfera daquela flor. Assim, essas flores dependem de abelhas grandes, conhecidas como mamangavas [*Xylocopa frontalis* (Olivier, 1789)], para fazer a polinização. A abundância dessas espécies está diminuindo como resultado do uso da terra, principalmente com o desmatamento.

126

Pode-se avaliar a eficiência do agente polinizador pelo número de sementes produzidas?

Sim. O número de sementes produzidas é um dos parâmetros para se avaliar a eficiência de um agente ou método de polinização, já que a semente é o resultado de um processo que se inicia com o grão de pólen que foi transportado até a parte feminina da flor por um agente polinizador.

127 A polinização é obrigatória para a produção de sementes?

Sim. Para a maioria das plantas, a polinização é obrigatória para a produção de sementes, mas existem plantas que se reproduzem por apomixia. Algumas destas plantas podem formar sementes sem a participação da parte masculina da flor. Elas formam autonomamente tanto o embrião quanto o endosperma. Nem todas as plantas apomíticas, no entanto, têm essa capacidade. Embora formem o embrião sem necessidade do gameta masculino, a polinização é necessária para a formação do endosperma.

128 A produção errática ou irregular de sementes por uma espécie pode ser atribuída apenas à ineficiência da polinização?

Não. Embora a polinização eficiente seja um fator extremamente importante na produção de sementes. Fatores que influenciam a qualidade inicial da semente, como os fatores biológicos e genéticos, as condições climáticas, a presença de pragas e o manejo da cultura, também são importantes para a produção de sementes. As plantas progenitoras, masculina e feminina, além de compatíveis, devem também mostrar vigor na produção de óvulos perfeitos e numerosos, e grãos de pólen viáveis, os quais favorecem as etapas do desenvolvimento da semente. Condições climáticas não favoráveis, como estresses bióticos e abióticos, podem prejudicar a produção de sementes, comprometendo a cultura, sua floração e o próprio desenvolvimento das sementes. Durante o desenvolvimento da cultura, o correto fornecimento de água e nutrientes às plantas bem como o controle de pragas tornam as plantas mais vigorosas e produtivas.

129 O que é dupla fecundação?

A dupla fecundação ocorre em plantas que produzem flores e frutos, as angiospermas. Após a polinização, já no estigma da

flor, o tubo polínico cresce através do estigma e estilete e chega à região da micrópila, liberando dentro do saco embrionário as duas células espermáticas do grão de pólen. Uma célula espermática é depositada na oosfera na região do saco embrionário bem próxima à micrópila, e os núcleos destas células se fundem, formando o zigoto que se desenvolve em embrião. Ao mesmo tempo, a outra célula espermática é depositada na célula central do saco embrionário, onde seu núcleo se une ao núcleo diploide desta célula para formar, no entorno do embrião, o endosperma da semente, que é triploide.

130 Quais são as partes da semente?

A semente é composta de tegumento ou casca, que protege a semente, do embrião, que irá desenvolver a planta (ver Pergunta e Resposta nº 137), e do endosperma, que fornece suprimentos para o crescimento do embrião (Figura 5).



Figura 5. Representação esquemática das estruturas de uma semente de milho (*Zea mays* L.).

131

Durante o desenvolvimento da semente, o que ocorre com o endosperma de sementes não endospermáticas?

Em sementes de espécies de leguminosas e outras não endospermáticas, o endosperma é degradado e o espaço ocupado por ele é preenchido pelos cotilédones (Figura 6). À medida que há a expansão dos cotilédones, ocorre o depósito de nutrientes.

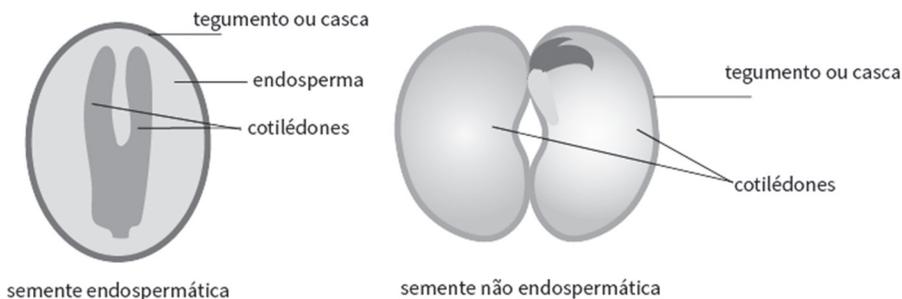


Figura 6. Representações esquemáticas de semente endospermática (seringueira, *Hevea brasiliensis* M. Arg.) e de semente não endospermática (feijão, *Phaseolus vulgaris* L.).

132

O que é o embrião da semente?

O embrião é um novo organismo que está nos estádios iniciais do desenvolvimento. Ele é o resultado do desenvolvimento do zigoto após a fecundação da oosfera pelo núcleo da célula espermática. O embrião carrega informação genética do progenitor masculino e do feminino.

133

O que é embriogênese?

Embriogênese é o processo de formação do embrião. Pode ocorrer naturalmente ou pode ser induzido em cultura *in vitro*. A embriogênese pode ser zigótica, quando ocorre fecundação da

oosfera pelo núcleo da célula espermática do grão de pólen, ou embriogênese somática, quando um embrião é formado a partir de uma célula somática, qualquer célula diploide não reprodutiva do organismo.

134 O que é o embrião zigótico?

É o embrião resultante da fecundação do gameta feminino pelo gameta masculino, ou seja, fecundação da oosfera por uma célula reprodutiva do grão de pólen, que forma o zigoto. Portanto, o embrião zigótico carrega informação genética materna e paterna, resultando em uma nova planta com características diferentes dos progenitores.

135 Quais são os estádios de desenvolvimento do embrião zigótico?

A fecundação dá origem ao zigoto, que inicialmente se divide em duas células, uma basal e uma apical, e novas divisões celulares levam ao desenvolvimento do proembrião, seguida da formação do estágio globular, e finalmente o estágio cordiforme, em que se nota o início do desenvolvimento dos cotilédones em dicotiledôneas. Nesse estágio, o embrião já começa a ficar independente do endosperma, passando de heterotrófico para autotrófico. Em seguida, com o crescimento dos cotilédones, forma-se o estágio torpedo até o estágio maduro, final da embriogênese com a perda de água do embrião e da semente (Figura 7).

136 Qual é a aplicação do conhecimento dos estádios de desenvolvimento do embrião zigótico no melhoramento vegetal?

A utilização de algumas técnicas biotecnológicas no melhoramento genético depende do conhecimento preciso do momento de desenvolvimento do embrião zigótico. Entre elas está a

regeneração de plantas, a partir de embriões zigóticos de sementes que, de outra forma, não germinam após sementeira convencional, bem como o resgate de embriões imaturos, técnica *in vitro* que permite o desenvolvimento de embriões que naturalmente não se desenvolveriam (ver Perguntas e Respostas nº 360, nº 361 e nº 362). O momento da colheita é definido pela maturação da semente, em que o embrião deve estar totalmente desenvolvido, sendo que sementes colhidas imaturas podem perder a viabilidade mais rapidamente.

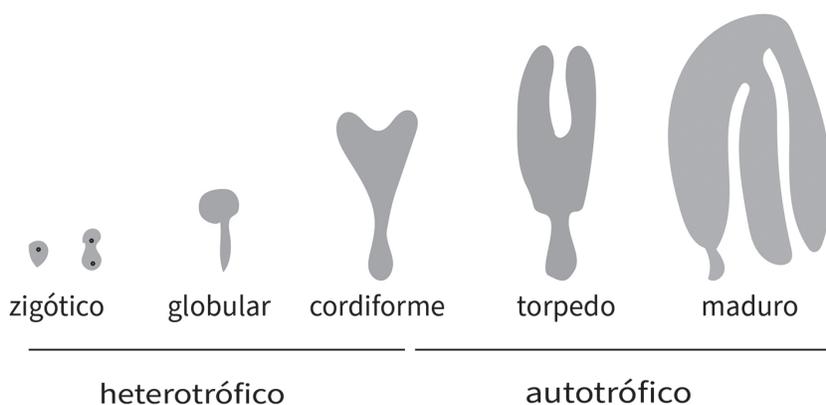


Figura 7. Representação esquemática dos estádios de desenvolvimento do embrião zigótico da dicotiledônea arabidopsis (*Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh.).

137 O que é o embrião somático?

Embrião somático é o embrião que se desenvolve a partir de uma célula somática ou diploide sem a necessidade de ter havido fecundação. O embrião somático carrega informação genética da planta-mãe, ou seja, a planta que se origina do embrião somático é idêntica à planta-mãe. O embrião somático pode ter origem na cultura de tecidos e células *in vitro* ou se originar pelo processo conhecido como embriônia adventícia, um tipo de apomixia

esporofítica no qual ocorre a formação de vários embriões a partir de células somáticas do nucelo ou tegumento interno.

138 Existem diferenças entre os embriões zigóticos das plantas?

Sim. Basicamente, a maior diferença entre embriões existe em plantas monocotiledôneas e dicotiledôneas (Figura 8). Como o nome indica, nas plantas monocotiledôneas os embriões possuem um só cotilédone, enquanto nas dicotiledôneas, os embriões possuem dois cotilédones. Essa diferença pode ser visualizada no embrião dentro da semente, a qual é utilizada na classificação das plantas. Outras diferenças incluem tamanho, forma e ploidia, que é número de conjuntos de cromossomos em uma célula.

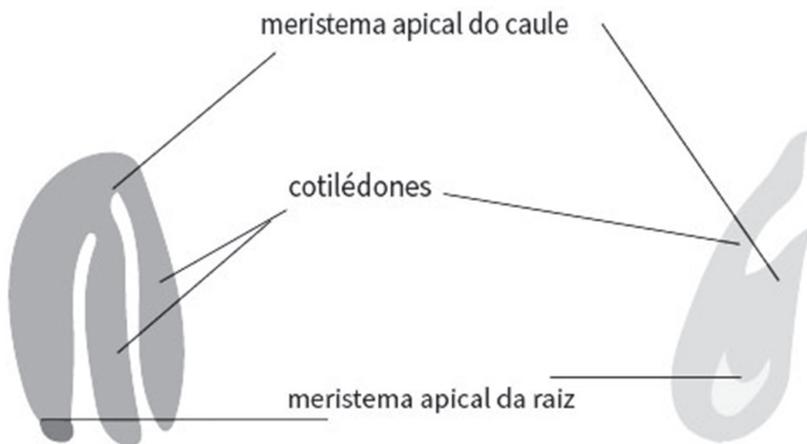


Figura 8. Representações esquemáticas de embriões de dicotiledônea (à esquerda) e de monocotiledônea (à direita).

139 É possível produzir clones por sementes?

Sim. Há na natureza plantas de reprodução assexual nas quais não ocorre fusão de gametas durante a fecundação, em que o

desenvolvimento do embrião ocorre de modo autônomo, gerando, portanto, uma planta idêntica à planta-mãe. Este mecanismo de reprodução chamado apomixia é considerado um modo de clonagem por meio de sementes. Pesquisas vêm sendo realizadas em plantas dos gêneros *Hieracium* L., *Paspalum* L., *Panicum* L. e *Brachiaria* (Trin.) Griseb. para identificação de genes responsáveis por este modo de reprodução, de modo a poder transferi-lo a plantas de interesse por meio da biotecnologia.

140

Por que algumas sementes são conhecidas como sementes apomíticas?

As sementes apomíticas são aquelas resultantes do processo reprodutivo conhecido como apomixia e que dará origem a uma planta idêntica à planta-mãe, ou seja, um clone. A apomixia acontece no óvulo dentro do ovário. Existem vários tipos de apomixia: a de origem esporofítica, a embrionia adventícia; e a de origem gametofítica, a diplosporia e a aposporia. Na embrionia adventícia, embriões somáticos se desenvolvem de células do tecido nucelar que envolve o saco embrionário ou mais raramente do tegumento do óvulo. A embrionia adventícia ocorre em espécies de *Citrus* spp. Na diplosporia, como ocorre nos gêneros *Taraxacum* F. H. Wigg., *Ixeris* (Cass.) Cass. e *Antennaria* Gaertn., o embrião se desenvolve da oosfera do saco embrionário não reduzido, resultante de ausência de meiose ou meiose incompleta da célula-mãe do megásporo. Na aposporia, comum em gramíneas como *Brachiaria* spp. e *Panicum* spp., o embrião também se forma da oosfera do saco embrionário não reduzido, que, nesse caso, é desenvolvido a partir de células do nucelo.

141

Existem sementes com mais de um embrião?

Sim. Uma semente poliembriônica é aquela com dois ou mais embriões, independente da origem deles. A origem pode ser apomítica, como na embrionia adventícia, ou ser pela ocorrência

de múltiplos sacos embrionários em um óvulo; ou ser sexual, como na poliembrião zigótica, na qual múltiplos embriões podem ser resultado da divisão celular de células do ápice embrionário.

142 Todas as plantas podem produzir semente poliembriônica?

Não. Algumas espécies de plantas domesticadas ou não domesticadas podem produzir sementes poliembriônicas ou poligêrmicas. Exemplos de espécies agrícolas que produzem sementes com mais de um embrião são manga (*Mangifera indica* L.) e citros (*Citrus* spp.). Espécies nativas não domesticadas também produzem sementes poliembriônicas, como ipês (*Handroanthus* spp., *Tabebuia* spp.), paineira-do-cerrado [*Eriotheca pubescens* (Mart.) Schott & Endl.] e copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.). Em algumas coníferas (gimnospermas), pode ocorrer poliembrião. Os embriões zigóticos podem sofrer uma clivagem, resultando em múltiplos embriões que serão naturalmente eliminados posteriormente.

143 Quais são as vantagens da poliembrião em sementes?

As vantagens das sementes poliembriônicas são:

- Obtém-se pelo menos uma plântula por semente.
- Obtém-se maior número de plantas ao se separar as plântulas durante a fase de desenvolvimento.
- As plântulas são geneticamente idênticas à planta-mãe, permitindo, assim, a propagação de genótipos superiores.
- Usam-se embriões nucleares como porta enxertos.

144 Quais são as desvantagens da poliembrião em sementes?

As desvantagens das sementes poliembriônicas ou poligêrmicas são:

- Há maior competição por espaço, nutrientes de reserva e água desde a germinação até a formação da plântula.

- Dependendo da espécie, visualmente, não se diferencia os embriões adventícios ou nucelares do embrião zigótico do saco embrionário.
- Existe uma competição pelos nutrientes do endosperma proveniente do saco embrionário, necessários para o crescimento e germinação dos embriões, e o desenvolvimento desuniforme dos indivíduos por causa das competições.

145

Como o nível de ploidia das plantas pode afetar a produção de sementes?

A ploidia de uma planta é definida como o número de conjunto de cromossomos numa célula. A maior parte das plantas cultivadas apresenta poliploidia, sendo mais comum em angiospermas do que em gimnospermas. Geralmente, as plantas poliploides possuem células e órgãos como folhas, flores, frutos e sementes de tamanhos avantajados, o que pode ser de interesse para a agricultura e comercialização. A indução de poliploidia pode ser usada como estratégia para o melhoramento genético, a exemplo das orquídeas poliploides, que apresentam flores maiores, arredondadas, inflorescências mais ricas e de maior durabilidade. As melancias triploides, oriundas de cruzamentos entre tetraploides e haploides, e altamente estéreis, são também exemplo de sucesso porque não apresentam sementes. A ploidia das plantas também pode afetar a capacidade de hibridação entre elas, alterando o balanço do número de cromossomos embrião: endosperma. Cruzamento entre plantas de diferentes ploidias pode resultar em ausência de fecundação, no aborto de óvulos e na produção de sementes inviáveis.

146

Como os fatores genéticos interferem na produção de sementes?

Os fatores genéticos, expressos em cruzamentos interespecíficos, são incompatibilidade e incongruidade. A incompatibilidade

ocorre em razão da ação dos alelos S. Por sua vez, a incongruidade ocorre pela falta de informação genética suficiente para completar os processos antes e após a polinização. Muitas vezes, após a polinização em cruzamentos interespecíficos, barreiras na pré-hibridação, ou seja, antes da fecundação, ou na pós-hibridação, após a fecundação, previnem hibridação interespecífica. Em geral, as barreiras pré-fecundação ocorrem no estigma e estilete da flor. O grão de pólen pode não germinar ou o tubo polínico pode não alcançar o óvulo. Dessa forma, não ocorrerá a liberação das células reprodutivas masculinas no saco embrionário, logo não ocorrerá fecundação. A barreira pós-fecundação ocorre quando, mesmo após a fecundação da oosfera e formação do zigoto, o desenvolvimento do embrião não acontece por incompatibilidade entre embrião e endosperma.

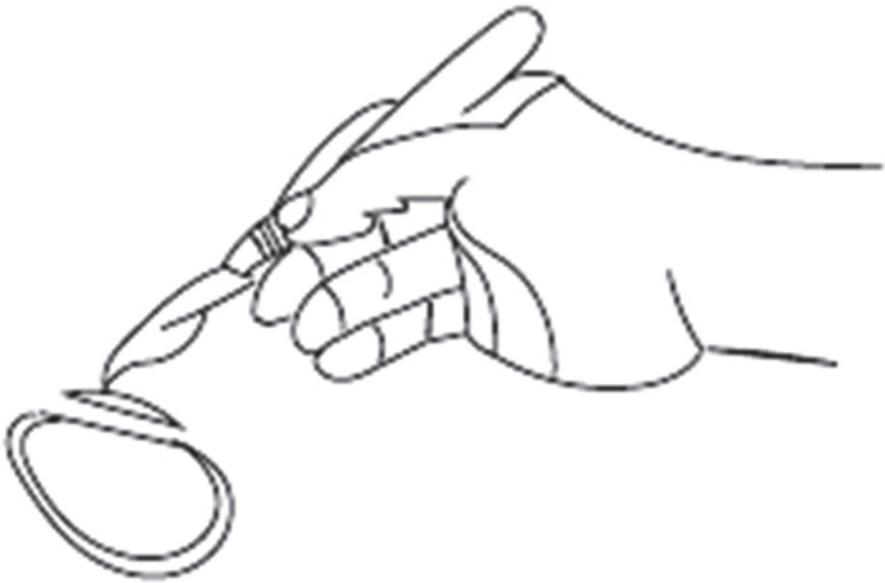
Referências

PIRES, C. S. S.; PEREIRA, F. de M.; LOPES, M. T. do R.; NOCELLI, R. C. F.; MALASPINA, O.; PETTIUS, J. S.; TEIXEIRA, E. W. Enfraquecimento e perda de colônias de abelhas no Brasil: há casos de CCD? *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, p. 422-442, maio 2016. DOI: 10.1590/S0100-204X2016000500003.

POTTS, S. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NGO, H. T. (Ed.). The assessment report of the intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services on pollinators, pollination and food production. Bonn: IPBES, 2016. 552 p. Disponível em: https://www.ipbes.net/sites/default/files/downloads/pdf/individual_chapters_pollination_20170305.pdf. Acesso em: 22 jun. 2020.

RECH, A. R.; ÁVILA JÚNIOR, R. S.; SCHLINDWEIN, C. Síndromes de polinização: especialização e generalização. In: RECH, A. R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P. E. A. M.; MACHADO, I. C. S. (org.). *Biologia da Polinização*. Rio de Janeiro: Ed. Projeto Cultural, 2014. p. 173-183.

3 Dormência



*Marcos Aparecido Gimenes
Antonieta Nassif Salomão
Alisson Ferreira Dantas
Juliano Gomes Pádua
Dulce Alves da Silva*

147 O que é dormência de sementes?

Dormência é uma condição fisiológica que impede a germinação de sementes inteiras e viáveis ou de suas partes, mesmo em presença de todos os fatores ambientais favoráveis à germinação, por causa da atuação de fatores intrínsecos ou sistêmicos às sementes. A dormência instala-se durante o desenvolvimento da semente ou após sua dispersão em distintos tecidos e estruturas. Ecologicamente, a dormência é um mecanismo de sobrevivência e perpetuação da espécie.

148 O que é quiescência em sementes?

A quiescência é a incapacidade de uma semente não dormente germinar em ausência ou em disponibilidade parcial dos fatores essenciais à germinação, como suprimento de água e oxigênio, temperatura adequada, qualidade e quantidade de luz, no meio ambiente, considerando-se os limites impostos pelo seu genótipo. Em presença de condições ambientais adequadas, a semente quiescente inicia o processo germinativo. No final da maturação de semente ortodoxa e intermediária, o embrião entra em fase de repouso ou quiescência, em resposta à dessecação.

149 Como é possível saber se uma semente tem dormência?

Geralmente são recomendados os seguintes procedimentos:

- Observar se a parte externa das sementes (tegumento ou casca) tem resíduos da polpa do fruto; se a textura é fibrosa, pilosa ou dura; se apresenta uma camada de cera ou mucilagem; se possuem adornos, como estruturas espinhosas, arestas ou se estão predadas. Se as sementes atenderem a uma ou mais dessas observações, lavá-las em água corrente, friccionando-as entre as mãos ou em uma peneira ou raspá-las com o auxílio de um objeto cortante

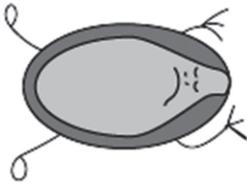
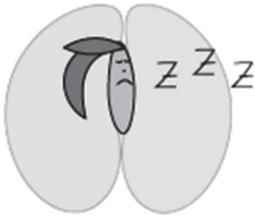
em presença de água. Em seguida, conduzir o teste de germinação.

- Se as sementes não se encaixarem em nenhum dos quesitos citados anteriormente, separar aleatoriamente algumas sementes da amostra e colocá-las em um recipiente contendo água, deixando-as imersas por 24 horas, à temperatura ambiente. Se, ao final das 24 horas, as sementes não apresentarem aumento de tamanho, possivelmente, elas têm dormência física, ou seja, são impermeáveis à absorção de água ou às trocas gasosas. Recomenda-se seguir os procedimentos que constam na Pergunta e Resposta nº 228.
- Se, ao final do tempo de exposição das sementes em água, conforme descrito anteriormente, não houver aumento de tamanho das sementes, mas a água apresentar coloração variando de amarela a marrom, é provável que as sementes tenham algum tipo de substância química inibidora da germinação. Recomenda-se deixar as sementes imersas em água por um período de 12 horas a 24 horas, à temperatura ambiente, realizando-se trocas de água até que essa se apresente incolor. Em seguida, conduzir o teste de germinação.
- Se as sementes não se enquadrarem em nenhuma das condições descritas anteriormente, recomenda-se conduzir o teste de germinação sob uma ampla gama de condições de temperatura e fotoperíodo. Se a maioria das sementes frescas germinarem entre uma e quatro semanas, considera-se que as sementes não estão dormentes. As sementes não germinadas devem ser submetidas a testes de viabilidade, como o teste de tetrazólio, bem como devem ser dessecadas, de forma a identificar embriões malformados, ou até mesmo inexistentes. Identificando-se sementes não viáveis, os percentuais de germinação devem ser calculados com base no número de sementes viáveis presentes no experimento. Se as sementes viáveis não germinarem em condições ideais, essas sementes são consideradas dormentes.

Além disso, existem informações disponíveis na literatura sobre o tipo de dormência e os procedimentos adequados para superá-la em sementes de muitas espécies, sobretudo para as produzidas comercialmente.

150

Como é possível diferenciar uma semente morta de uma semente dormente?



Para diferenciar a semente morta de uma semente dormente, usualmente é feito o teste de tetrazólio ou de viabilidade. Caso as sementes façam parte de um teste de germinação, as sementes mortas serão aquelas que, ao final do teste, apresentam-se inconsistentes, com coloração alterada e contaminadas por microrganismos. Em contraste, as sementes dormentes, ao final do teste de germinação, apresentam-se duras e sem indício de germinação.

Essas sementes devem ser submetidas ao teste de tetrazólio para a confirmação de sua viabilidade.

151

Qual é o papel evolutivo da dormência para as sementes?

A dormência é uma adaptação evolutiva que impossibilita a germinação da semente em condições que podem causar reduções consideráveis nas taxas de sobrevivência das plantas (seca, enchentes, herbívora transiente, competição por luz ou água), diminuindo as chances de perdas. Esse mecanismo adaptativo permite que as sementes se mantenham viáveis por períodos mais longos e que as espécies sejam capazes de colonizar novos habitat com sazonalidades diferentes, reduzindo, assim, o risco de extinção e fornecendo a

oportunidade para divergência adaptativa subsequente. Por sua vez, espécies com sementes não dormentes são capazes de explorar novos ambientes porque sua germinação é independente de sinais ambientais específicos, como ocorre com sementes dormentes. Isso, por sua vez, pode promover a divergência entre as populações de uma dada espécie e a consequente especiação alopátrica ou especiação geográfica (especiação que ocorre quando populações de uma espécie ficam isoladas geograficamente e desenvolvem isolamento reprodutivo).

152 Qual é o tipo de dormência considerado mais ancestral?

Baseando-se em dados sobre a dormência em mais de 14.000 taxa de 318 famílias, Willis et al. (2014) sugerem que:

- A dormência morfofisiológica é o tipo mais ancestral, o que sugere que a dormência regulada fisiologicamente em resposta a mudanças ambientais estava presente desde a origem das plantas com sementes.
- A dormência fisiológica é considerada um “centro (*hub*) evolutivo”, a partir do qual as outras dormências evoluíram, incluindo a ausência de dormência. A diversificação nos tipos de dormência fisiológica foi associada a maiores taxas de especiação.

153 Qual é o tipo de dormência mais frequente?

A dormência fisiológica é tida como a mais frequente, pois está presente em sementes de espécies de gimnospermas e angiospermas. Em sementes de espécies de clima temperado, a termodormência, ou a dormência em que as sementes não germinam em condições de baixas temperaturas, é mais expressiva. Em sementes de espécies de clima tropical, a dormência caracteriza-se pelo requerimento específico da combinação entre luz e temperatura. Entretanto, deve-se levar em consideração o bioma ou o grupo de espécies em

análise, sobretudo nos trópicos. Por exemplo, a dormência física é muito frequente em sementes de espécies nativas das famílias botânicas Anacardiaceae, Asteraceae, Convolvulaceae e Fabaceae.

154 Como os tipos de dormência podem ser classificados?

Há distintas classificações dos tipos de dormência em sementes que levam em consideração as características genéticas, morfoanatômicas, fisiológicas das sementes, bem como sua capacidade de captar os sinais ambientais que podem superar a dormência. De maneira geral, os tipos de dormência podem ser sistematizados das seguintes formas:

- Em função do momento do estabelecimento da dormência:
 - a) dormência primária – instala-se durante o desenvolvimento da semente;
 - b) dormência secundária – instala-se após a dispersão da semente.
- Em função da localização da restrição na semente:
 - a) dormência endógena – imposta pelo embrião imaturo;
 - b) dormência exógena – imposta pelo tegumento da semente.
- Em função do tipo de restrição na semente:
 - a) dormência química – determinada pela presença de inibidores químicos ou desbalanço hormonal;
 - b) dormência mecânica – estabelecida pela presença de envoltórios da semente que impedem a absorção de água e a difusão de gases.
- Em função do mecanismo de restrição na semente:
 - a) dormência física ou tegumentar – imposta pela impermeabilidade do tegumento à absorção de água, às trocas gasosas ou restrição à protrusão radicular;
 - b) dormência fisiológica – definida pela presença de substâncias inibidoras ou ausência de substâncias promotoras de germinação no embrião ou em tecidos intrasseminais, ou requerimento específico de luz (fotodormência) e temperatura (termo-dormência);
 - c) dormência morfológica – o embrião é fisiologicamente imaturo ou rudimentar, encontrando-

se nas fases globular, de coração ou torpedo, quando a semente é dispersa; d) dormência morfofisiológica – é a combinação das dormências fisiológica e morfológica; e) dormência combinada – é a combinação das dormências física e fisiológica.

155

Os tipos de dormência em função do mecanismo de restrição ocorrem somente em sementes de espécies não domesticadas?

Não. Tanto sementes de espécies domesticadas quanto as de espécies não domesticadas podem apresentar algum tipo de dormência em função do mecanismo de restrição, como:

- Dormência física: jatobá (*Hymenaea martiana* Hayne), cajá-mirim (*Spondias mombin* L.), braquiarião [*Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf.].
- Dormência fisiológica: mamão (*Carica papaya* L.); curitiba [*Curitiba prismática* (D. Legrand) Salywon & Landrum].
- Dormência morfológica: erva-mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.), ameixa (*Prunus domestica* L.).
- Dormência morfofisiológica: araticum (*Annona crassiflora* Mart.), galangal [*Alpinia galangal* (L.) Willd.].
- Dormência combinada: estilosantes (*Stylosanthes humilis* Kunth), íris (*Iris germanica* L.).

156

Há variação na intensidade da dormência?

Sim. A dormência pode variar em intensidade desde pouco pronunciada ou leve até profunda e entre sementes de um mesmo indivíduo ou entre sementes de indivíduos de uma mesma espécie. Essa intensidade pode ser revertida durante o armazenamento da semente em condições artificiais ou ao longo do tempo de sua permanência em bancos de sementes do solo.

De que forma a dormência fisiológica pode se expressar?

- A dormência fisiológica pode se expressar das seguintes formas:
- Dormência fisiológica regular: quando a protrusão da radícula leva mais de quatro semanas para acontecer e a emergência da parte aérea acontece em poucos dias.
- Dormência fisiológica epicotiledonar: quando a emergência da radícula acontece depois de quatro semanas, porém a parte aérea tarda de 3 a 4 semanas ou mais para acontecer.
- Dormência fisiológica leve: sementes maduras com esse tipo de dormência não germinam em qualquer temperatura ou germinam em um intervalo pequeno de temperatura. A aplicação de tratamento químico (giberelinas, nitrato de potássio, etileno e outros) é capaz de superar este tipo de dormência.
- Dormência fisiológica intermediária: sementes com embrião desenvolvido, sem endosperma e com permeabilidade para água, porém apresentando estruturas que envolvem o embrião que reduzem a taxa de embebição ou a difusão de oxigênio. Nesse tipo de dormência, o embrião é capaz de crescer com a retirada da estrutura que o envolve. A dormência é superada por meio da aplicação de um prolongado tratamento de estratificação (temperaturas baixas). Alternativamente, para algumas espécies, o período pode ser encurtado aplicando-se altas temperaturas por um curto período, seguida de estratificação (temperatura baixa).
- Dormência fisiológica profunda: sementes com embrião desenvolvido, com permeabilidade a água, porém com estrutura que envolve o embrião limitando a taxa de absorção de água e/ou oxigênio. A retirada dessa estrutura não resulta no crescimento do embrião, ou o crescimento é anormal (similar ao nanismo). As sementes com esse tipo de dormência necessitam da aplicação de tratamento prolongado de estratificação (temperatura alta ou baixa).

O uso de ácido giberélico pode ser capaz de superar a dormência fisiológica leve ou intermediária, mas não é capaz de superar a dormência fisiológica profunda.

158

Qual é a diferença entre dormência primária e dormência secundária?

A dormência primária é adquirida durante o desenvolvimento e a maturação de sementes. É uma característica inata da espécie, como ocorre, por exemplo, em sementes de flor de cardel [*Ipomoea indivisa* (Vell.) Hallier f.]. Sementes maduras recém-colhidas e permeáveis à água apresentam dormência primária, provavelmente, induzida pelo desbalanço hormonal envolvendo o ácido abscísico (ABA), durante a maturação da semente. Por sua vez, a dormência secundária é adquirida após a dispersão da semente, em resposta às alterações ambientais de temperatura, luminosidade, suprimento de água ou oxigênio, ou à presença de inibidores exógenos. A dormência secundária pode ser induzida em sementes com dormência fisiológica não profunda após a dispersão das sementes, e está frequentemente associada aos ciclos de dormência anuais no banco de sementes. Sementes de algumas cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.), de arroz (*Oryza sativa* L.) e de cevada (*Hordeum vulgare* L.) podem apresentar sensibilidade às mudanças de temperaturas durante o processo de germinação ou no período pós-colheita, tornando-se dormentes.

159

Como a dormência secundária pode ser induzida?

A dormência secundária pode ser induzida expondo-se as sementes a condições adversas. Por exemplo, sementes que não apresentam fotodormência podem desenvolver dormência secundária se forem expostas à luminosidade intensa com luz no comprimento de onda de 750 nm (vermelho extremo) ou à luz branca. Outros fatores indutores da dormência secundária são

as temperaturas abaixo do mínimo ou acima do máximo para germinação, bem como o estresse hídrico e concentrações de oxigênio inadequadas.

160

Para promover e uniformizar o processo germinativo de sementes dormentes deve-se utilizar apenas pré-tratamentos?

Não. Dependendo do tipo de dormência e da espécie, podem ser adotados tratamentos durante o processo germinativo ou mesmo a combinação entre tratamentos pré-germinativos e germinativos.

161

Quais são os procedimentos utilizados para superar a dormência física ou tegumentar?

- Escarificação mecânica: por meio de fricção ou atrito de semente/diásporo em material abrasivo como lixa d'água, lima, areia, cascalho de granulação grossa, corte/perfuração/desponte/raspagem de semente/diásporo com alicate, cortador "tipo de unha", estilete, faca, tesoura de poda. Esse tipo de escarificação deve ser feito cuidadosamente, para não danificar o embrião ou o eixo embrionário. Recomenda-se retirar apenas uma pequena porção do tegumento/pericarpo/mesocarpo/endocarpo. A escarificação mecânica é recomendada para sementes/diásporos grandes, como de amendoim-bravo (*Pterogyne nitens* Tul.), faveira-de-benguê (*Parkia multijuga* Benth.), mirindiba (*Buchenavia tomentosa* Eichler).
- Escarificação química: consiste na exposição de sementes a ácidos (sulfúrico, clorídrico ou nítrico), a solventes orgânicos (éter, álcool, acetona ou peróxido de hidrogênio) por períodos e concentrações que variam de acordo com a espécie. A escarificação química pode ser adotada para sementes de todos os tamanhos, como sementes de repolho

(*Brassica oleracea* L. var. *capitata*), de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), de tento-preto [*Ormosia flava* (Ducke) Rudd].

- Imersão das sementes em água quente: as temperaturas utilizadas estão entre 50 °C e 100 °C. Os períodos de exposição e as temperaturas adotadas variam de acordo com a espécie. Esse pré-tratamento germinativo pode ser feito em sementes de todos os tamanhos, como as de monjoleiro [*Senegalia polyphylla* (DC.) Britton & Rose] e de pente-de-macaco (*Apeiba tibourbou* Aubl.).
- Imersão das sementes em água fria: utiliza-se água à temperatura ambiente por períodos que variam de acordo com a espécie. A imersão de sementes em água fria pode ser adotada para sementes de todos os tamanhos, como as de araribá (*Centrolobium tomentosum* Guill. ex Benth.) e de pau-roxo [*Peltogyne confertiflora* (Mart. ex Hayne) Benth.].
- Combinação de escarificação mecânica seguida de imersão em água fria: nesse caso, essa combinação de tratamentos pré-germinativos é mais eficiente. Os períodos de exposição à água variam de acordo com a espécie. Essa combinação de tratamentos é adotada para sementes grandes, como as de faveiro (*Parkia nitida* Miq.) e de guapuruvu (*Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake).
- Lixiviação: as sementes podem ser expostas à água corrente por períodos que variam de acordo com a espécie. A lixiviação pode ser adotada para sementes de todos os tamanhos, como as de beterraba (*Beta vulgaris* L.) e de pimentão (*Capsicum annuum* L.).
- Estratificação de sementes em baixas temperaturas (5 °C–10 °C) e ambiente úmido: os períodos de permanência



das sementes nessas condições variam de acordo com a espécie. Essa combinação de tratamentos é adotada para sementes grandes, como as de pêssego [*Prunus persica* (L.) Batsch] e de lavanda (*Lavandula angustifolia* Mill.).

- Armazenamento em ambiente seco: os períodos de permanência das sementes nessas condições variam de acordo com a espécie. O armazenamento em ambiente seco pode ser adotado para sementes de todos os tamanhos, como as de maracujá-suspiro (*Passiflora nitida* Kunth) e de maria-pretinha (*Solanum americanum* Mill.).

162

Quais são os procedimentos utilizados para superar a dormência fisiológica?

- Estratificação de sementes em baixas temperaturas (5 °C–10 °C) e em ambiente úmido: deve ser conduzida conforme descrito na questão anterior.
- Secagem das sementes em temperaturas elevadas de até 40 °C por períodos que variam de acordo com a espécie. A secagem em temperaturas elevadas pode ser adotada para sementes de todos os tamanhos, como as das espécies do gênero *Manihot* Mill.
- Exposição das sementes a compostos químicos, como giberelinas (ácido giberélico (GA₃, GA₄₊₇), citocininas (benzilaminopurina – BAP, benziladenina – BA, zeatina), etileno, nitrato de potássio (KNO₃), por períodos e concentrações que variam de acordo com a espécie. Esses compostos químicos podem ser utilizados em sementes de todos os tamanhos, como as de paineira [*Eriotheca gracilipes* (K. Schum.) A. Robyns], de hipérico (*Hypericum brasiliense* Choisy) e das espécies do gênero *Andropogon* L.
- Exposição das sementes às alternâncias de temperaturas e/ou de luz, à luz vermelha ou ao escuro. Esse tratamento germinativo pode ser adotado para sementes de todos os tamanhos, como as de estilosantes-mineirão [*Stylosanthes*

guianensis (Aubl.) Sw.], de tucumã (*Astrocaryum tucuma* Mart.) e as sementes de espécies forrageiras dos gêneros *Panicum* L. e *Paspalum* L.

163

Quais são os procedimentos utilizados para superar a dormência morfológica?

- Estratificação de sementes em baixas temperaturas (5 °C–10 °C) e em ambiente úmido (conforme descrito anteriormente) ou estratificação em baixas temperaturas em ambiente seco, como é feito para sementes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.).
- Exposição das sementes às condições específicas de temperatura, luz e umidade.
- Exposição das sementes a fitormônios, como as giberelinas (GA_3 , GA_{4+7}).

164

Quais são os procedimentos utilizados para superar a dormência morfofisiológica?

- Estratificações térmicas, adotando-se a estratificação quente ou fria ou a combinação entre elas.
- Exposição das sementes a fitormônios, como as giberelinas (GA_3 , GA_{4+7}) para sementes de algumas espécies de Alpinaceae Link.
- Osmocondicionamento com PEG 6.000 por períodos e potenciais hídricos que variam de acordo com a espécie, como em sementes de salsa (*Petroselinum sativum* L.).

165

Quais são os procedimentos utilizados para superar a dormência combinada?

Para sementes que possuem a combinação de dormência física e fisiológica, recomenda-se adotar um dos pré-tratamentos

indicados para superar a dormência física, seguindo-se com pré-tratamentos ou tratamentos para superar a dormência fisiológica.

166

Quais são os procedimentos utilizados para superar a dormência primária e a secundária?

A dormência primária é superada utilizando-se tratamentos artificiais de sementes embebidas que incluem resfriamento (estratificação a frio), estratificação quente, luz, giberelinas (GA) e outros hormônios, substâncias de fumaça, como butenolídeo, e compostos, como óxido nítrico. A superação da dormência secundária ocorre em resposta às variações dos fatores ambientais, como luminosidade revertida, alterações de temperatura, condições adequadas de suprimento de água e oxigênio.

167

Como os mecanismos de superação de dormência descritos anteriormente acontecem na natureza?

Tegumentos rígidos podem ser decompostos ou escarificados por diversos agentes, e, provavelmente, acontecem de forma mais lenta. A passagem pelo trato digestivo de animais pode limpar a polpa dos frutos em sementes com dormência física, bem como pode funcionar também como escarificação química pela exposição ao ácido clorídrico presente no estômago. Já a passagem pelo trato digestivo de aves com moelas pode funcionar como escarificação mecânica, enfraquecendo tegumentos duros. A água pode proporcionar a lixiviação de compostos químicos inibidores ou levar sementes a se chocarem contra rochas, funcionando como escarificação mecânica. A variação de temperatura é um fator ambiental de superação de dormência em algumas espécies, indicando a existência de clareira, onde a competição por recursos naturais é menor. As queimadas também podem funcionar para a superação de dormência, dependendo tanto da temperatura como também do tempo que atuarem nas sementes.

168

Quais são os fatores intrínsecos e extrínsecos às sementes que podem regular a dormência?

Como fatores intrínsecos, destacam-se o balanço hormonal entre o ácido abscísico (ABA) e as giberelinas (GA_3 e GA_{4+7}), assim como as mudanças na estrutura da cromatina por meio de metilação, acetilação e ubiquitinação de histonas. Como fatores extrínsecos, têm-se temperatura, luz, suprimento de água e oxigênio, pressão osmótica e salinidade.

169

Os fatores intrínsecos às sementes são mais importantes que os extrínsecos para regular a dormência?

Não, pois a dormência é o resultado de uma complexa interação entre os fatores intrínsecos e extrínsecos. A dormência tem um componente genético quantitativo influenciado por vários genes, que se expressam durante a maturação da semente e após sua dispersão, podendo ser regulados epigeneticamente. Nenhum dos fatores se destaca em conferir dormência às sementes, pois há uma interdependência entre eles, sendo uns modelados por outros.

170

Quais os envoltórios do embrião e da semente podem causar dormência?

Alguns tipos de envoltórios do embrião e da semente podem interferir negativamente no processo germinativo. Tais estruturas formam barreiras física e mecânica nas diferentes etapas da germinação, restringindo ou impedindo a absorção de água, as trocas gasosas, a expansão e a protrusão da radícula. Por exemplo, o tegumento é uma dessas estruturas com camadas de células paliçádicas, camada suberizada, esclereides lignificados, camada cerosa ou presença de sarcotesta, que se constitui em barreira física às sementes, dificultando ou impedindo a absorção de água e as trocas gasosas, como em sementes de faveira-d'anta (*Dimorphandra*

mollis Benth.), e de sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* Kunth), algumas cultivares de feijão-mungo [*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek], feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis* Mart. ex Benth.). Frutos ou parte destes (endocarpo e mesocarpo) e restos florais envolvendo as sementes constituem-se igualmente em barreira mecânica à expansão e à protrusão da radícula, conforme observado em umbu (*Spondias tuberosa* Arruda), juazeiro [*Sarcomphalus joazeiro* (Mart.) Hauenschild] e araçá-d'água (*Terminalia kuhlmannii* Alwan & Stace).

171

A dormência é encontrada em todas as sementes de todas as espécies vegetais?

Não. Algumas espécies produzem sementes sem dormência, como as espécies agrícolas dos gêneros trigo (*Triticum* L.) e aveia (*Avena* L.). Porém, a maioria das espécies de plantas possui sementes com algum tipo de dormência. Em populações silvestres, a característica dormência pode variar em frequência entre gerações e populações, indicando que alelos envolvidos na expressão do estado de dormência da semente ocorrem naturalmente dentro das espécies.

172

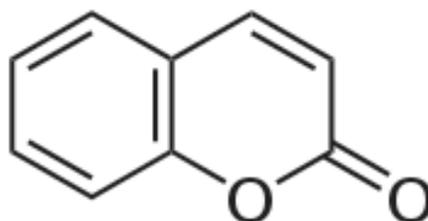
Por quanto tempo as sementes podem permanecer dormentes?

As sementes podem permanecer em estado de dormência por dias, meses, anos ou séculos, dependendo da espécie e das condições ambientais a que estão expostas. Por exemplo, sementes viáveis de flor de lótus (*Nelumbo nucifera* Gaertn.), datadas por radiocarbono com aproximadamente 1.300 anos, foram encontradas em um leito de um antigo lago na China (Shen-Miller et al., 1995). Sementes viáveis de tamareira (*Phoenix dactylifera* L.) de 2.000 anos foram encontradas durante escavações realizadas entre 1963 a 1965 em uma fortaleza herodiana localizada próxima ao Mar Morto (Sallo et al., 2008). As mais antigas e viáveis já encontradas foram sementes

de silene (*Silene stenophylla* Ledeb.) de 31.800 anos (Yashina et al., 2012). Estas foram encontradas a 38 m de profundidade e à temperatura de -7°C , no *permafrost* siberiano, e os pesquisadores conseguiram plantas férteis inteiras a partir delas.

173 Quais compostos químicos das sementes que atuam como inibidores da germinação?

Os compostos que atuam como inibidores de germinação são as lactonas insaturadas (cumarinas, esculetina e anemonina), o ácido abscísico, os compostos aromáticos (caféina, ferulina e ácido salicílico), os alcaloides (cocaína e quinina), o isotiocianato de alila, o α -amanitina e a cordicepina.



174 Por que a dormência é mais comum em sementes de espécies nativas não domesticadas que em sementes de espécies exóticas cultivadas?

Porque as espécies exóticas cultivadas passaram por um processo de domesticação, no qual houve seleção para sementes não dormentes. Poucas espécies nativas são domesticadas, e, por isso, a característica dormência permanece em alta frequência. Portanto, o desenvolvimento de métodos de superação de dormência é fundamental para a conservação e o uso de sementes ortodoxas de espécies de plantas da biodiversidade brasileira.

175 Ocorre a variação de dormência em sementes de parentes silvestres das espécies domesticadas?

Sim. A ausência de dormência pode evoluir rapidamente como um produto da domesticação, mas estudos mostram que,

em populações silvestres de algumas espécies cultivadas, essa característica pode variar em frequência entre gerações, indicando que alelos envolvidos na expressão do estado de dormência da semente ocorrem naturalmente dentro das espécies.

176

Por que a dormência de sementes é considerada como uma estratégia favorável para as espécies vegetais?

Por ser uma característica adaptativa evolutiva, a dormência permite a várias espécies de plantas garantir sua sobrevivência temporal e espacial. As sementes dormentes só germinarão quando houver maior probabilidade de estabelecimento e crescimento das espécies, ao longo do tempo em suas formações vegetais de origem.

177

Há aspectos favoráveis da dormência para a agricultura?

Sim. Em sementes dormentes não ocorre a viviparidade (germinação precoce dentro do fruto), não há germinação durante a colheita ou beneficiamento, sendo mais longevas e tendo, conseqüentemente, maior armazenabilidade. Isso favorece seu armazenamento por longos períodos, sua germinação em épocas propícias ao desenvolvimento e ao estabelecimento das plantas, bem como evita perdas econômicas e de produção. Um exemplo de prejuízo econômico decorrente da ausência de dormência é observado em sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L.). A maioria das variedades de amendoim cultivadas na Ásia é do tipo Spanish, que não possui dormência de semente, o que leva a perdas econômicas por causa da germinação de sementes no campo durante a colheita. As informações sobre os mecanismos de dormência podem ser utilizadas para desenvolver modelos de germinação de sementes das espécies de interesse, permitindo prever o período e a velocidade de emergência, facilitando, assim, o seu manejo.

Sim. Sementes dormentes têm o desempenho germinativo assíncrono, desuniforme, o que compromete a emergência das plântulas e o desenvolvimento das plantas, gerando perdas econômicas e de produção. Além disso, sementes dormentes requerem tratamentos pré-germinativos que podem onerar ainda mais a produção agrícola. As sementes de várias forrageiras apresentam dormência que resulta em perdas econômicas em decorrência da desuniformidade na formação da pastagem. A dormência em sementes de ervas daninhas dificulta sua erradicação, causando prejuízos à produção.

A dormência permite que a germinação aconteça de forma sincronizada, restringindo-a a situações que sejam adequadas para o desenvolvimento inicial de suas plântulas. Espécies pioneiras utilizam sinais ambientais para concentrar a germinação de suas sementes em locais em que a competição por luz e nutrientes seja reduzida, como no caso de clareiras. Portanto, sementes de espécies pioneiras somente são capazes de germinar após terem disponibilidade de água e detectarem a flutuação de temperatura, ou o aumento da concentração de nitrato no solo ou a presença de luz. Algumas espécies produzem sementes com impermeabilidade do tegumento, mecanismo de manutenção de baixos teores de água no interior da semente, evitando a ativação do metabolismo, reduzindo a respiração e diminuindo o consumo de reservas que devem ser utilizadas para a germinação e o estabelecimento da plântula. A impermeabilidade tegumentar dificulta o desenvolvimento de microrganismos, que causam a perda da viabilidade, e protege as sementes contra a predação de insetos e roedores.

180

Por que a dormência pode ser considerada como uma condição temporária das sementes?

Porque, em algum momento na natureza, ocorrerá um ou mais eventos específicos que promoverão o processo germinativo das sementes. Esses eventos podem ser alternâncias de temperaturas e de qualidade e quantidade de luminosidade; escarificação das sementes por insetos e/ou microrganismos; produção de substâncias voláteis por fungos que favorecem à germinação; maior suprimento de água e/ou oxigênio; maturação do embrião de sementes que compõem o banco de sementes do solo e/ou outros.

181

Existe uma relação entre a característica dormência e condições edafoclimáticas?

Sim. As condições edafoclimáticas às quais a planta-mãe foi submetida durante a maturação da semente influenciam nos níveis de dormência. He et al. (2014) demonstraram que baixas temperatura, intensidade da luz e doses de nitrato aumentam os níveis de dormência em *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. Existem evidências de que a dormência é uma característica altamente herdável e, conseqüentemente, tem o potencial de evoluir rapidamente, o que seria importante na adaptação das espécies às mudanças climáticas.

182

Por que sementes dormentes necessitam de condições aeróbicas para germinar?

Baixos níveis de suprimento de oxigênio ou condições de anaerobiose restringem a respiração e inibem a síntese de etileno, que é um dos promotores da germinação. O oxigênio é necessário para que o 1-aminociclopropano 1-carboxílico (ACC), sob ação da ACC oxidase, seja convertido em etileno. Assim, a ausência de oxigênio é um fator limitante à síntese do etileno.

183

Por que em condições de alta salinidade não ocorre a germinação ou essa é inexpressiva?

Em presença de altas concentrações de sais, os genes codificadores das enzimas biossintéticas de ácido giberélico não são ativados ou pode ocorrer a redução da biossíntese da giberelina. Dessa forma, o processo germinativo não ocorre porque não há reversão do efeito do ácido abscísico (ABA) nas sementes, pela ação do ácido giberélico.

184

Qual é o papel dos hormônios vegetais na dormência?

Os hormônios vegetais são um dos fatores que influenciam a dormência das sementes. Fitormônios, como etileno, giberelinas (GA) e brassinosteroides, afetam negativamente a dormência promovendo a germinação, enquanto os hormônios, como o ácido abscísico (ABA), afetam positivamente a dormência inibindo a germinação (Miransari; Smith, 2014). Por exemplo, o ABA reprime a síntese de enzimas hidrolíticas, que são essenciais para a quebra das reservas da semente durante a germinação, enquanto as giberelinas têm efeito contrário e, portanto, a relação ABA/GA pode estar envolvida na dormência ou germinação de sementes. Estudos mostram que os mutantes de *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. deficientes em GA não têm capacidade de germinar, a menos que seja feita aplicação de GA exógeno, e que a germinação ocorre normalmente em mutantes com a relação ABA/GA restaurada (Rodríguez-Gacio et al., 2009). Já em estilosantes (*Stylosanthes humilis* Khunt), a superação da dormência fisiológica parece estar associada com etileno e citocininas, uma vez que a aplicação de etrel (fonte de etileno) e de benziladenina (citocinina sintética), combinados ou separadamente, induz a superação da dormência em sementes escarificadas (Vieira; Barros, 1994).

As giberelinas atuam em quais eventos metabólicos para promover a germinação de sementes dormentes?

As giberelinas mais importantes são as GA_3 e GA_{4+7} , que, por sua vez, estão relacionadas aos seguintes eventos metabólicos:

- Promoção da síntese *de-novo* de mRNA, da poliadenilação de mRNA pré-transcrito.
- Aumento da síntese de α -amilase.
- Promoção da síntese de proteínas, tanto no embrião quanto nos tecidos de reserva.
- Estímulo da síntese de enzimas hidrolíticas responsáveis pela degradação de amidos existentes nos tecidos de reserva, em carboidratos e monossacarídeos.
- Superação dos efeitos inibidores do ABA e de compostos fenólicos.
- Estímulo da divisão celular e do alongamento celular do eixo hipocótilo radicular.
- Substituição da estratificação e do tratamento fotoblástico em sementes durante a germinação.

Existe variação no tipo de fitormônio para superação de dormência em diferentes espécies?

Sim. Como exemplo, há sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L.), de maçã [*Malus domestica* (Suckow) Borkh.], de algumas cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.) e de algumas espécies do gênero *Manihot* Mill. que têm a germinação estimulada pelo etileno. O ácido giberélico (GA_3) em diferentes concentrações, promove a germinação em sementes de alface (*Lactuca sativa* L.), de mamão (*Carica papaya* L.) e de paineira [*Eriotheca gracilipes* (K. Schum.) A. Robyns]. Em sementes de porta-enxertos de pêssigo [*Prunus persica* (L.) Batsch], o desempenho germinativo é extremamente favorecido pela combinação dos fitormônios benziladenina (BA) e giberelina (GA_{4+7}).

187

Quais os principais fatores que levam as sementes a permanecerem em estado de dormência?

Evidências genéticas e fisiológicas indicam fortemente que o ABA é a chave para estabelecer e manter a dormência das sementes e que as giberelinas são importantes para neutralizar os efeitos do ABA sobre a dormência das sementes. Em geral, o ABA retarda ou previne a germinação das sementes e determina o nível da dormência durante o desenvolvimento, enquanto as giberelinas superam a dormência e promovem a germinação após embebição em algumas sementes maduras (Matilla; Matilla-Vázquez, 2008).

188

Como os fatores genéticos influenciam diretamente no estado de dormência?

Foram identificados alguns genes que regulam exclusivamente a dormência e a germinação. Esses reguladores têm um padrão de expressão específico para sementes e mostram fenótipos mutantes de dormência profunda (Née et al., 2017). Os principais genes representativos desse grupo são o *delay of germination 1 (DOG1)* (Bentsink et al., 2006) e o *reduced dormancy 5 (RDO5)* (Xiang et al., 2014), o *mother of ft and tfl1 (MFT)*, que regulam a germinação em *Arabidopsis* (Vaistij et al., 2013) e no trigo (*Triticum sativum* Lam.) (Nakamura et al., 2011). Reguladores de dormência adicionais específicos da semente, como os genes alanina aminotransferase (*AlaAT*) e *seed dormancy 4 (Sdr4)*, foram identificados em cevada (*Hordeum vulgare* L.) (Sato et al., 2016) e no arroz (*Oryza* spp.) (Sugimoto et al., 2010), respectivamente. Outro regulador mais amplamente expresso é o gene da proteína quinase ativada por mitógeno (*MKK3*), que foi identificado em cevada (Nakamura et al., 2016) e no trigo (Torada et al., 2016).

Sementes de uma espécie procedentes da mesma planta ou de plantas diferentes podem exibir diferentes estádios de dormência?

Sim. Quando as sementes são dispersas da planta-mãe apresentando desuniformidade de maturação, evento denominado polimorfismo ou heteromorfismo, pode haver variação da dormência, a qual é refletida morfológicamente nas sementes, que, por sua vez, podem apresentar variação na cor, no tamanho e na espessura do tegumento, entre outros. Em sementes polimórficas, a germinação pode ser errática, com novas plântulas emergindo em intervalos irregulares de tempo, reduzindo a competição, minimizando os riscos ambientais e aumentando, assim, a probabilidade de sobrevivência de alguns indivíduos. Essa distribuição temporal pode claramente ter vantagens no que diz respeito à continuação e disseminação das espécies (Bewley et al., 2013).

A dormência é uma característica que deve ser considerada quando parentes silvestres são utilizados em programas de melhoramento de espécies cultivadas?

Sim. As espécies silvestres geralmente têm sementes dormentes, por ser mais vantajoso distribuir a germinação ao longo do tempo. Portanto, no uso de espécies silvestres em programas de pré-melhoramento, deve-se levar em consideração a existência de dormência e a necessidade de métodos de superação dessa dormência, bem como a possível introgressão de dormência da espécie silvestre para a cultivada. Os parentes silvestres são um rico repositório de alelos que podem ser utilizados no melhoramento de características de importância agrônômica de espécies cultivadas, como aumento de tolerância a diferentes tipos de estresses.

191

Quais são as possibilidades do uso de biotecnologia para “manejo” da dormência?

Algumas abordagens biotecnológicas permitem identificar os genes relacionados à dormência. Por exemplo, a superexpressão dos genes *SPL12* e *IPA1* aumentou a dormência em sementes de arroz e inibiu a germinação antes da colheita (Qin et al., 2020). Por meio da técnica de RNAi (RNA de interferência), poderá ser possível silenciar genes da dormência em culturas específicas, garantindo uniformidade de germinação e ganhos de produção.

192

Qual é a importância de se conhecer os mecanismos de dormência de sementes de ervas daninhas para a agricultura?

Para as plantas daninhas (indesejáveis ou infestantes), a dormência possibilita que as suas sementes permaneçam viáveis por meses ou anos no solo, até que alguma condição ambiental atue nos mecanismos fisiológicos que desencadeiam a germinação. A dormência em sementes de plantas daninhas é bastante complexa e depende dos estímulos ambientais durante o processo de maturação das sementes, assim como dos fatores predominantes após o desprendimento das sementes da planta-mãe (Baskin; Baskin, 1998). Na maioria dos casos, é necessário um estímulo final (luz, flutuação de temperatura, nitrato de potássio) após a superação da dormência, para que ocorra a germinação, enquanto as sementes dormentes não respondem ou respondem parcialmente aos mesmos fatores. Em muitos casos, a própria espécie cultivada ou os sistemas de cultivo podem afetar a dinâmica e a intensidade de superação da dormência, afetando, portanto, a velocidade e intensidade de infestação de espécies de ervas daninhas (Ghersa et al., 1997).

Sementes que apresentam dormência também apresentam maior longevidade?

Depende. Nguyen et al. (2012) demonstraram em sementes de *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. que longevidade e dormência apresentaram correlação negativa, o que contrasta com a noção comum em pesquisas de biologia de sementes. Alta capacidade de armazenamento de sementes de algumas espécies apresentou correlação com dormência leve daquelas sementes, e baixa capacidade de armazenamento apresentou correlação com dormência profunda das sementes. Os autores sugerem que esses resultados podem indicar que dormência e longevidade sejam mecanismos alternativos e complementares para aumentar a sobrevivência das plantas. Baixas temperaturas durante o desenvolvimento de sementes (ainda na planta-mãe) de *A. thaliana* acarretaram incremento na frequência de sementes dormentes, afetaram o catabolismo de ABA, sendo observada redução na longevidade destas sementes (He et al., 2014).

Há alguma correlação entre caracteres morfológicos da semente e a dormência?

Em algumas espécies, as sementes dormentes apresentam variação de cor, tamanho e espessura da testa. Por exemplo, em carrapicho (*Bidens bipinnata* L.), as sementes com dormência mais profunda são pequenas, marrons e enrugadas, enquanto as com dormência menos profunda são maiores, pretas e lisas. Sementes não dormentes de barrilha-espinhosa (*Salsola volkensis* Schweinf. & Asch.) são de coloração esverdeada, enquanto as dormentes não apresentam tal coloração. A planta daninha conhecida como ançarinha-branca ou erva-formigueira-branca (*Chenopodium album* L.) produz sementes de coloração marrom ou preta, com testa lisa ou reticulada. Sementes dessa espécie que apresenta dormência profunda são aquelas de tegumento preto e liso.

195 Como se dá a influência da luz no processo de dormência?

Algumas espécies necessitam de luz para germinar, sendo esse processo relacionado a um sistema de pigmentos chamados fitocromos. O fitocromo encontra-se na forma inativa (Fv) que, ao absorver luz vermelha (660 nm), transforma-se na forma ativa (Fve), que, por sua vez, ao absorver luz na região vermelho-distante (730 nm), é convertido na forma inativa. Na sua forma ativa (Fve), o fitocromo migra para o núcleo, interage com fatores de transcrição e controla a expressão de genes cuja transcrição é regulada pela luz, elicitando, assim, distintas respostas nas células (Smith, 2000). Há relatos indicando que o fitocromo promove a germinação por meio da síntese de giberelinas (Peng; Harberd, 2002). A ação da luz sobre a germinação é denominada de fotoblastismo. Sementes fotoblásticas positivas germinam apenas na presença da luz, enquanto as fotoblásticas negativas só germinam no escuro. No caso das espécies fotoblásticas negativas, o vermelho distante pode estimular a germinação.

196 Qual é a relação entre viviparidade e dormência em sementes?

A viviparidade é um evento antagônico à dormência. Sementes com viviparidade têm alta atividade fisiológica, o que lhes permite germinar no fruto. A viviparidade é uma das estratégias de sobrevivência desenvolvida por algumas espécies, que impede sua predação. A viviparidade é comum em grandes colheitas com condições ambientais que levam à baixa dormência, como altas temperaturas e umidade (Penfield, 2017).

197 A organização da cromatina pode influenciar a dormência das sementes?

A organização da cromatina – estrutura filamentosa presente no núcleo celular e formada por DNA e proteínas – influencia a

expressão genica, mas não existem evidências de que a variação de sua organização influencie a indução de dormência. Por sua vez, alguns genes relacionados a modificações na cromatina, como o *histone monoubiquitination 1*, codificam uma enzima que interage com o fator de alongação da RNA polimerase II (PAF1C) e influenciam a dormência da semente, regulando a ampliação da transcrição durante a maturação da semente em um momento em que a eficiência transcricional provavelmente será reduzida por causa da dessecação (Liu et al., 2011).

198

Qual é o papel das espécies reativas de oxigênio na dormência das sementes?

A importância do papel das espécies reativas de oxigênio na liberação da dormência também foi demonstrada em trigo (*Triticum* L.), na qual a via de defesa antioxidante está associada à manutenção da dormência (Bykova et al., 2011). De acordo com esses autores, a oxidação do mRNA é seletiva e esses transcritos correspondem a genes envolvidos na resposta ao estresse e sinalização celular. Também foi demonstrado em estudos com sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) que a atenuação da dormência durante o pós-amadurecimento está associada à oxidação do mRNA e que essa oxidação é evitada quando as sementes são mantidas dormentes. Cabe ressaltar que longos períodos de armazenamento de sementes e alto estresse oxidativo, especialmente sob condições desfavoráveis, levam a uma degradação gradual de proteínas e ácidos nucleicos, resultando em uma perda de viabilidade (Graeber et al., 2012). O radical superóxido ($O_2^{\bullet-}$), o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), o dióxigênio singlete (1O_2) e o radical hidroxila (OH^{\bullet}) são exemplos de espécies reativas de oxigênio.

199

Os mecanismos moleculares controladores da dormência estão relacionados à sazonalidade?

Foi demonstrado em trabalhos com *Arabidopsis* sp. que a intensidade da dormência das sementes em campo e os padrões de

expressão gênica estão correlacionados às mudanças sazonais na temperatura do solo (Footitt et al., 2011). Esses autores observaram que:

- A sinalização de ácido abscísico (ABA) está associada à dormência profunda no inverno, sendo reprimida na primavera simultaneamente com a repressão aumentada do gene *della*, um gene regulador negativo de giberelinas (GA) (Yoshida et al., 2014), à medida que a dormência diminui.
- A dormência aumenta durante o inverno com o declínio da temperatura do solo e o aumento da expressão dos genes de síntese de ABA e de catabolismo de GA por causa de um aumento ao ABA endógeno, que se estabilizou, indicando que a sinalização e a sensibilidade ao ABA são mais prováveis reguladores da dormência do que o nível absoluto de ABA.
- A expressão de proteínas quinases relacionadas à *sucrose non-fermenting 1* (SNF1), um regulador positivo de sinalização ABA, também aumenta de acordo com o aumento da sinalização e sensibilidade ao ABA modulada pela temperatura sazonal do solo.
- A expressão do gene *delay of germination 1* (*DOG1*) é correlacionada negativamente à temperatura do solo e pode atuar como parte de um mecanismo de sensoriamento térmico para influenciar o nível de dormência, alterando a sensibilidade ao ABA.

Referências

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds**: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. San Diego: Academic Press, 1998. 666 p.

BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. A classification system for seed dormancy. **Seed Science Research**, v. 14, p. 1-16, Mar. 2004. DOI: 10.1079/SSR2003150.

BENTSINK, L.; JOWETT, J.; HANHART, C. J.; KOORNNEEF, M. Cloning of *DOG1*, a quantitative trait locus controlling seed dormancy in *Arabidopsis*.

Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, v. 103, n. 45, p. 17042-17047, Oct. 2006. DOI: 10.1073/pnas.0607877103.

BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M.; NONOGAKI, H. **Seeds: Physiological of development, germination and dormancy**. 3rd ed. New York: Springer, 2013. 392 p.

BYKOVA, N. V.; HOEHN, B.; RAMPITSCH, C.; JUNJIE, H.; STEBBING, J.; KNOX, R. Thiol redox-sensitive seed proteome in dormant and non-dormant genotypes of wheat. **Phytochemistry**, v. 72, p. 1162-1172, July 2011. DOI: 10.1016/j.phytochem.2010.12.021.

FOOTITT, S.; DOUTERELO-SOLER, I.; CLAY, H.; FINCH-SAVAGE, W. E. Dormancy cycling in *Arabidopsis* seeds is controlled by seasonally distinct hormone-signaling pathways. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 108, p. 20236-20241, July 2011. DOI: 10.1073/pnas.1116325108.

GHERSA, C. M.; MARTINEZ-GHERSA, M. A.; BENECH-ARNOLD, R. L. Using seed dormancy for crop and forage production. **Journal of Production Agriculture**, v. 10, n. 1, p. 111-117, 1997.

GRAEBER, K. A. I.; NAKABAYASHI, K.; MIATTON, E.; LEUBNER-METZGER, G.; SOPPE, W. J. . Molecular mechanisms of seed dormancy. **Plant, Cell & Environment**, v. 35, p. 1769-1786, May 2012. DOI: 10.1111/j.1365-3040.2012.02542.x.

HE, H.; VIDIGAL, D. S.; SNOEK, L. B.; SCHABEL, S.; NIJVEEN, H.; HILHORST, H.; BENTSINK, L. Interaction between parental environment and genotype affects plant and seed performance in *Arabidopsis*. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, p. 6603-6615, Dec. 2014. DOI: 10.1093/jxb/eru378.

LIU, Y.; GEYER, R.; ZANTEN, M. Van; CARLES, A.; LI, Y.; HÖROLD, A.; NOCKER, S. Van; SOPPE, W. J. J. Identification of the *Arabidopsis* REDUCED DORMANCY 2 gene uncovers a role for the polymerase associated factor 1 complex in seed dormancy. **PLOS One**, v. 6, p. e22241, 2011. DOI: 10.1371/journal.pone.0022241.

MATILLA, A. J.; MATILLA-VÁZQUEZ, M. A. Involvement of ethylene in seed physiology. **Plant Science**, v. 175, p. 87-97, July-Ago. 2008. DOI: 10.1016/j.plantsci.2008.01.014

MIRANSARI, M.; SMITH, D. L. Plant hormones and seed germination. **Environmental and Experimental Botany**, v. 99, p. 110-121, Mar. 2014. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2013.11.005.

NAKAMURA, S.; ABE, F.; KAWAHIGASHI, H.; NAKAZONO, K.; TAGIRI, A.; MATSUMOTO, T.; UTSUGI, S.; OGAWA, T.; HANDA, H.; ISHIDA, H.; MORI, M.; KAWAURA, K.; OGIHARA, Y.; MIURA, H. A wheat homolog of MOTHER OF FT AND TFL1 acts in the regulation of germination. **Plant Cell**, v. 23, n. 6, p. 3215-3229, Sept. 2011. DOI: 10.1105/tpc.111.088492.

NAKAMURA, S.; POURKHEIRANDISH, M.; MORISHIGE, H.; KUBO, Y.; NAKAMURA, M.; ICHIMURA, K.; SEO, S.; KANAMORI, H.; WU, J. Z.; ANDO, T.; HENSEL, G.; SAMERI, M.; STEIN, N.; SATO, K.; MATSUMOTO, T.; YANO, M.; KOMATSUDA, T. Mitogen-Activated Protein Kinase Kinase 3 regulates seed dormancy in barley. **Current Biology**, v. 26, n. 6, p. 775-781, Mar. 2016. DOI: 10.1016/j.cub.2016.01.024

NÉE, G.; XIANG, Y.; SOPPE, W. J. J. The release of dormancy, a wake-up call for seeds to germinate. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 35, p. 8-14, Feb. 2017. DOI: 10.1016/j.pbi.2016.09.002.

NGUYEN, T. P.; KEIZER, P.; EEUWIJK, F. van; SMEEKENS, S.; BENTSINK, L. Natural variation for seed longevity and seed dormancy are negatively correlated in *Arabidopsis*. **Plant Physiology**, v. 160, n. 4, p. 2083-2092, Dec. 2012. DOI: 10.1104/pp.112.206649.

PENFIELD, S. Seed dormancy and germination. **Current Biology**, v. 27, p. 874-878, 2017. DOI: 10.1016/j.cub.2017.05.050.

PENG, J.; HARBERD, N. P. The role of GA-mediated signalling in the control of seed germination. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 5, p. 376-381, 2002. DOI 10.1016/S1369-5266(02)00279-0

QIN, M.; ZHANG, Y.; YANG, Y.; MIAO, C.; LIU, S. Seed-specific overexpression of *SPL12* and *IPA1* improves seed dormancy and grain size in rice. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, Sept. 2020. DOI: 10.3389/fpls.2020.532771.

RODRÍGUEZ-GACIO, M. C.; MATILLA-VÁZQUEZ, M. A.; MATILLA, A. J. Seed dormancy and ABA signaling. **Plant Signaling & Behavior**, v. 4, n. 11, p. 1035-1048, 2009. DOI: 10.4161/psb.4.11.9902

SALLON, S.; SOLOWEY, E.; COHEN, Y.; KORCHINSKY, R.; EGLI, M.; WOODHATCH, I.; SIMCHONI, O.; KISLEV, M. Germination, genetics, and growth of an ancient date seed. **Science**, v. 320, n. 5882, p. 1464-1464, June 2008. DOI: 10.1126/science.1153600

SATO, K.; YAMANE, M.; YAMAJI, N.; KANAMORI, H.; TAGIRI, A.; SCHWERDT, J. G.; FINCHER, G. B.; MATSUMOTO, T.; TAKEDA, K.; KOMATSUDA, T. Alanine aminotransferase controls seed dormancy in barley. **Nature Communications**, v. 7, Article number 11625, May 2016. DOI: 10.1038/ncomms11625.

SHEN-MILLER, J.; MUDGETT, M. B.; SCHOPF, J. W.; CLARKE, S.; BERGER, R. Exceptional seed longevity and robust growth: ancient sacred lotus from China. **American Journal of Botany**, v. 82, n. 11, p. 1367-1380, Nov, 1995. DOI: 10.1002/j.1537-2197.1995.tb12673.x.

SMITH, H. Phytochromes and light signal perception by plants – an emerging synthesis. **Nature**, v. 407, p. 585-591, Oct. 2000. DOI: 10.1038/35036500.

SUGIMOTO, K.; TAKEUCHI, Y.; EBANA, K.; MIYAO, A.; HIROCHIKA, H.; HARA, N.; ISHIYAMA, K.; KOBAYASHI, M.; BAN, Y.; HATTORI, T.; YANO, M. Molecular cloning of Sdr4, a regulator involved in seed dormancy and domestication of rice. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 107, n. 13, p. 5792-5797, Mar. 2010. DOI: 10.1073/pnas.0911965107.

TORADA, A.; KOIKE, M.; OGAWA, T.; TAKENOUCHE, Y.; TADAMURA, K.; WU, J. Z.; MATSUMOTO, T.; KAWAURA, K.; OGIHARA, Y. A causal gene for seed dormancy on wheat chromosome 4A encodes a MAP kinase kinase. **Current Biology**, v. 26, n. 6, p. 782-787, Mar. 2016. DOI: 10.1016/j.cub.2016.01.063.

VAISTIJ, F. E.; GAN, Y.; PENFIELD, S.; GILDAY, A. D.; DAVE, A.; HE, Z.; JOSSE, E. M.; CHOI, G.; HALLIDAY, K. J.; GRAHAM, I. A. Differential control of seed primary dormancy in *Arabidopsis* ecotypes by the transcription factor SPATULA. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 110, n. 26, p. 10866-10871, June 2013. DOI: 10.1073/pnas.1301647110.

VIEIRA, H. D.; BARROS, R. S. Responses of seed of *Stylosanthes humilis* to germination regulators. **Physiologia Plantarum**, v. 92, p. 17-20, Sept. 1994. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1994.tb06649.x.

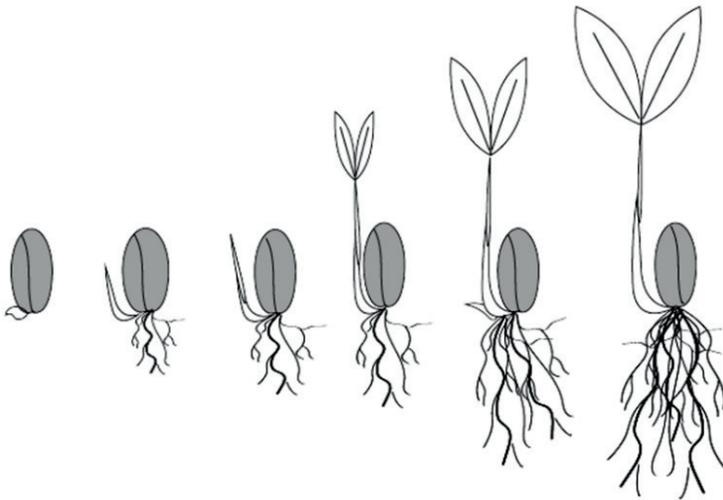
WILLIS, C. G.; BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M.; AULD, J. R.; VENABLE, D. L.; CAVENDERBARES, J.; DONOHUE, K.; RUBIO DE CASAS, R. The evolution of seed dormancy: environmental cues, evolutionary hubs, and diversification of the seed plants. **New Phytologist**, v. 203, p. 300-309, 2014. DOI: 10.1111/nph.12782.

XIANG, Y.; NAKABAYASHI, K.; DING, J.; HE, F.; BENTSINK, L.; SOPPE, W. J. J. Reduced dormancy 5 encodes a protein phosphatase 2C that is required for seed dormancy in *Arabidopsis*. **Plant Cell**, v. 26, n. 11, Nov. p. 4362-4375, 2014. DOI: 10.1105/tpc.114.132811.

YASHINA, S.; GUBIN, S.; MAKSIMOVICH, S.; YASHINA, A.; GAKHOVA, E., GILICHINSKY, D. Regeneration of whole fertile plants from 30,000-y-old fruit tissue buried in Siberian permafrost. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, n. 10, p. 4008-4013, Nov. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1118386109>

YOSHIDA, H.; HIRANO, K.; SATO, T.; MITSUDA, N.; NOMOTO, M.; MAEO, K.; KOKETSU, E.; MITANI, R.; KAWAMURA, M.; ISHIGURO, S.; TADA, Y.; OHME-TAKAGI, M.; MATSUOKA, M.; UEGUCHI-TANAKA, M. DELLA protein functions as a transcriptional activator through the DNA binding of the INDETERMINATE DOMAIN family proteins. **Proceedings of National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 111, n. 21, p. 7861-7866, May 2014. DOI: 10.1073/pnas.1321669111.

4 Germinação



*Solange Carvalho Barrios Roveri José
Dulce Alves da Silva
Elisa Serra Negra Vieira*

200 O que é a germinação?

Germinação é o processo de reativação do crescimento do embrião, culminando com o rompimento do tegumento ou da testa ou de outras estruturas que envolvem a semente, para, em seguida, ocorrer a emergência da plântula.

201 A germinação das sementes se encerra com a protrusão radicular?

Sim, se for considerado o conceito de germinação *stricto sensu* ou segundo critério botânico/fisiológico. A semente irá apresentar uma ponta rompendo a cobertura externa, que corresponde à raiz (neste caso, denominada radícula), evento conhecido como protrusão radicular. Costuma-se considerar uma semente como germinada quando a ponta da raiz atinge comprimento de 3 mm do lado de fora da cobertura externa da semente e curvatura geotrópica positiva. No entanto, a germinação, para os tecnologistas de sementes, considera o desenvolvimento da estrutura embrionária e a formação de uma plântula com suas partes constituintes dentro da normalidade.

202 O critério tecnológico ou agrônômico combina a germinação da semente e o desenvolvimento da plântula? São fenômenos diferentes?

Sim. O critério tecnológico ou agrônômico inclui o crescimento inicial da plântula, que tem início após a complementação do processo *stricto sensu*. São dois fenômenos interdependentes, mas diferentes, uma vez que os genes que controlam a germinação e o crescimento da plântula não são os mesmos.

203 Quais são as etapas da germinação?

As três etapas principais da germinação são (Bewley; Black, 1994):

- Reativação: embebição de água pela semente, ativação da respiração e das demais etapas do metabolismo.
- Indução do crescimento: fases de repouso, como preparo para o crescimento.
- Crescimento: protrusão da raiz primária.

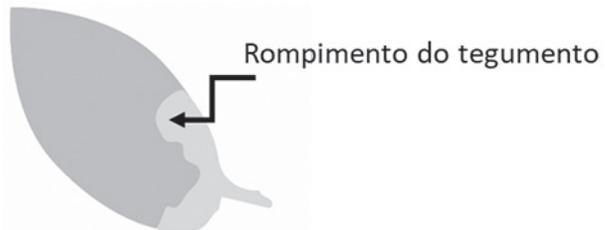
204 Quais são os processos fisiológicos desencadeados a partir do contato da semente com a água?

Um processo de respiração ativo é iniciado no interior da semente, onde é gerada energia para o desenvolvimento do embrião em raiz, caule e folhas, bem como a síntese de várias substâncias, como enzimas e hormônios. As enzimas são produzidas para destruir a cobertura externa da semente, dando passagem para a nova planta que irá surgir. Os hormônios são responsáveis pela transformação do eixo embrionário em radícula, caule e folhas e pelo crescimento destas partes.

205 Como ocorre a absorção de água pelas sementes?

A absorção de água pelas sementes (embebição) se faz de maneira diferenciada pelos distintos tecidos da semente. A testa ou o tegu-

mento, ou outras estruturas que envolvem o embrião, absorve muito pouca água, expandindo bem menos que os tecidos internos, a fim de ser rompida, facilitando, assim, a difusão de oxigênio para os



tecidos internos. O tecido de reserva vem após as estruturas que revestem o embrião, em volume de água absorvido, e absorve água até um certo ponto, funcionando daí por diante como um reservatório. O tecido meristemático, justamente por crescer, é o que absorve as maiores quantidades de água.

206

Existem diferenças entre as espécies na velocidade e na intensidade de absorção de água pelas sementes durante a germinação?

Sim. Essas diferenças são determinadas pela composição química, permeabilidade do tegumento, condição fisiológica das sementes e pela relação entre o volume do eixo embrionário e do tecido de reserva, uma vez que a absorção de água entre esses tecidos ocorre de maneira diferenciada. Com relação à composição química das sementes, as oleaginosas absorvem menos água que as amiláceas e estas menos que as proteicas.

207

Quais são as fases de embebição das sementes?

As sementes maduras e secas, quando lhes são dadas um suprimento adequado de água, exibem um padrão trifásico de absorção de água. A fase I é relativamente rápida e ocorre como uma consequência do potencial matricial dos vários tecidos das sementes, independente da semente ser viável ou não, dormente ou não, a não ser que se trate de dormência por impermeabilidade do tegumento à água. É uma fase em que as substâncias de reserva são desdobradas em substâncias permissíveis e um transporte é facilitado até o embrião.

Na fase II ocorre o transporte ativo das substâncias desdobradas anteriormente para os pontos de crescimento. Os potenciais hídricos da semente estão em equilíbrio com seu ambiente circundante, estabilizando a absorção de água pela semente. Somente sementes em germinação são capazes de entrar

na fase III, que ocorre como consequência da emergência e da alongação da radícula, com uma retomada rápida da absorção de água (Bray, 1995). Sendo assim, existe uma associação entre as fases de embebição e a evolução do processo de germinação e crescimento da plântula.

208

Qual é o primeiro evento metabólico que ocorre durante a fase I da embebição?

Durante esta fase, após o início da entrada de água, as sementes iniciam a ativação de mecanismos de reparo de danos acumulados durante a maturação, secagem e armazenamento. Incluem a reestruturação do sistema de membranas, reparo e multiplicação de mitocôndrias e reparo de DNA.

209

Qual é o conteúdo de água necessário para que as sementes germinem?

Para as sementes cotiledonares (tecido de reserva localizado nos cotilédones), esses conteúdos de água podem ser superiores a 45%; para sementes endospermáticas (tecido de reserva localizado no endosperma), esses valores ficam entre 30% e 35%. Os eixos embrionários atingem, no mínimo, 50% de teor de água ao iniciar o processo de germinação.

210

A terceira fase de embebição só ocorre em sementes vivas ou viáveis?

Sim. Esta fase acontece apenas em sementes vivas e não dormentes. Na terceira fase ocorre acréscimo na taxa de absorção de água, que culminará com a emissão da raiz primária. Esse aumento na absorção de água está relacionado à retomada do crescimento do embrião, caracterizada pela expansão e/ou divisão celular.

211

Em um lote de sementes de espécies não domesticadas, todas as sementes apresentam a mesma velocidade de embebição?

Não, uma vez que lotes de sementes de espécies não domesticadas são mais heterogêneos quanto ao estágio de maturação, à intensidade de dormência e à qualidade fisiológica entre as sementes.

212

Quais os principais processos bioquímicos envolvidos na etapa de indução do crescimento na germinação?

Os principais processos bioquímicos na etapa de indução do crescimento durante a germinação são:

- **Respiração:** processo que consiste na liberação de energia química por meio da oxidação dos compostos orgânicos.
- **Digestão das reservas:** evento controlado por enzimas, que é o processo de hidrólise de reservas e sua transformação em substâncias solúveis.
- **Translocação e assimilação dos nutrientes:** processo em que as reservas digeridas são translocadas para o eixo embrionário.

213

Quais são os fatores que afetam ou promovem a germinação?

Existem fatores externos e internos às sementes que afetam ou promovem a germinação. Os principais fatores externos à germinação, ou seja, aqueles do ambiente, são água, temperatura, oxigênio e luz (para certas sementes).

Por sua vez, os fatores internos que afetam a germinação são características da própria semente, como a cobertura externa que impede a entrada de água e oxigênio, a presença ou ausência de hormônios que promovem o desenvolvimento e crescimento do eixo embrionário nas estruturas raiz, caule e folhas ou até mesmo

a própria imaturidade do eixo embrionário. Neste último caso, a semente já está formada, o fruto no qual ela se encontra já está maduro, mas o eixo embrionário não.

214

Se uma semente for semeada no campo, após uma chuva, é certo que ela vai germinar?

A disponibilidade de água deve ser suficiente para iniciar, prosseguir e concluir o processo de germinação e desenvolvimento da plântula. Se, no momento da semeadura, a umidade do solo estiver adequada, as sementes vão absorver água e emitir a raiz primária. Nesse caso, se ocorrer uma estiagem, os danos podem ser irreparáveis. Deve-se ficar atento e acompanhar o processo de germinação na lavoura, observando as sementes no sulco de plantio.

215

De que forma os microrganismos interferem no processo germinativo?

A presença de microrganismos como fungos do gênero *Trichoderma* Pers. e bactérias do gênero *Bacillus* Cohn favorecem a germinação. Tais microrganismos agem aumentando a germinação, promovendo o maior crescimento da radícula e controlando outros microrganismos que prejudicam a germinação. As sementes são tratadas com soluções contendo tais microrganismos, sendo este tipo de tratamento conhecido como microbiolização e é uma forma de controle biológico (Ferreira De Sá et al., 2019). Entretanto, existem microrganismos que podem interferir negativamente no processo germinativo, causando a deterioração das sementes e comprometendo sua integridade e capacidade de germinar.

216

Como as mudanças climáticas podem afetar a germinação das sementes?

Uma das consequências das mudanças climáticas é o aumento ou a oscilação de temperatura e a diminuição ou o excesso de

chuvas. Temperatura elevada ou a oscilação térmica brusca afeta negativamente as reações enzimáticas que ocorrem durante o processo germinativo. A diminuição das chuvas leva a menor disponibilidade de água para as sementes, o que compromete a germinação, pois a água é a substância que inicia o processo germinativo em sementes de todas as espécies. Por sua vez, o excesso de chuva é igualmente prejudicial à germinação, pois o excesso de água inibe a absorção de oxigênio pelas sementes e, conseqüentemente, reduz a germinação e o desenvolvimento das plântulas. Atualmente, muitos trabalhos têm sido realizados com o objetivo de prever a germinação de sementes de várias espécies em temperaturas acima da ideal e em condições de falta de água (Oliveira et al., 2019).

217 Qual é a importância da temperatura para a germinação?

A temperatura é importante porque todos os processos bioquímicos ocorridos internamente na semente, para que ela germine, exigem uma temperatura ideal. Temperatura abaixo ou acima da ideal diminui ou até impede a germinação.

218 O que é a temperatura ótima de germinação?

É aquela que proporciona máxima germinação em menor tempo. Para sementes da maioria das espécies nativas, a temperatura ótima de germinação situa-se no intervalo entre 20 °C e 30 °C.

219 Quais são as espécies cujas sementes apresentam maior plasticidade térmica?

As sementes com maior plasticidade térmica, ou seja, que estão adaptadas para germinarem em amplo intervalo de temperatura, são as procedentes de espécies com maior distribuição geográfica.

220**Por que os fatores luz e temperatura são complementares no processo germinativo?**

Durante o processo germinativo, as mudanças de sensibilidade à luz observadas em sementes de algumas espécies dependem da reversibilidade do fitocromo, que, por sua vez, é dependente da temperatura. Algumas espécies de plantas que precisam de luz para a germinação de suas sementes preferem a quantidade de luz semelhante à da natureza, ou seja, presença de luz por um período, como se fosse de dia, e ausência de luz por outro determinado período, como se fosse de noite. Os dois fatores, temperatura e luz, são complementares, não adiantando as sementes estarem na presença de luz, mas em temperatura inadequada. Dessa forma, a germinação não ocorrerá. É necessário que luz e temperatura sejam adequadas para a germinação das sementes das espécies em questão. Existem sementes que não apresentam qualquer sensibilidade, seja em presença, seja em ausência de luz, como aquelas da maioria das espécies cultivadas. No caso de sementes não dormentes, a luz não é um fator imprescindível para a sua germinação.

221**Qual é a diferença entre germinação fotoperiódica de dias curtos e germinação fotoperiódica de dias longos?**

Na germinação fotoperiódica de dias curtos, as sementes germinam melhor sob condições de fotoperíodos curtos que sob luz contínua. Na germinação fotoperiódica de dias longos, a condição favorável de luminosidade é a de luz contínua (ver Perguntas e Respostas 90 e 91).

222**O tamanho das sementes influencia na velocidade de germinação?**

Sim. O tamanho das sementes pode influenciar a velocidade de germinação, afetando sua embebição. O comportamento da

semente durante a embebição independe de sua categoria, ou seja, agrícola, hortícola, ornamental ou florestal. Porém, em sementes de menor tamanho, por possuírem relação superfície:volume superior à das sementes de maior tamanho, a etapa de embebição é, geralmente, mais rápida. Além disso, a germinação pode ser favorecida em sementes maiores, como as de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), de milho (*Zea mays* L.), de soja [*Glycine max* (L.) Merr.] e de trigo (*Triticum* spp.), por possuírem mais material de reserva. Mas, é importante mencionar que o tamanho das sementes por si só não significa que seu potencial fisiológico seja maior.

223

Existe relação entre o tamanho das sementes e a dependência da luz para a germinação?

Sim. As sementes pequenas e leves são dependentes de luz para a sua germinação. Isso, porque usam a luz como sinal de abertura de clareira, pois, como possuem pouca energia armazenada, tornam-se rapidamente dependentes da luz para produção de biomassa, ou seja, para realização de fotossíntese e crescimento. Por sua vez, sementes grandes e pesadas possuem grande depósito de energia, podendo germinar no escuro, por se encontrarem enterradas a alguns centímetros da superfície do solo ou nas camadas mais profundas da liteira, sendo capazes de crescer até acessarem a luz para a realização de fotossíntese (Milberg et al., 2000).

224

A presença de luz é necessária para a germinação de sementes de todas as espécies?

Para a maioria das espécies, suas sementes são capazes de germinar em ausência de luz. Porém, para sementes de várias espécies cultivadas, há requerimento de luz para que a germinação ocorra ou a exposição à luz estimule uma melhor germinação. Como exemplos de espécies com sementes dependentes da luz para que ocorra a germinação, têm-se alecrim (*Rosmarinus officinalis*

L.), alface (*Lactuca sativa* L.), camomila (*Matricaria chamomilla* L.), curitiba [*Curitiba prismática* (D. Legrand) Salywon & Landrum], coaçu [*Triplaris weigeltiana* (Rchb.) Kuntze] e endro (*Anethum graveolens* L.).

225

Quais são os fatores que podem suprir o requerimento por luz durante a germinação?

Em sementes de algumas espécies, a alternância de temperatura pode substituir o efeito da luz. As giberelinas são fitormônios que estimulam a germinação de sementes fotoblásticas positivas, substituindo a presença de luz.

226

Por que uma semente não germina?

Porque não há condições ambientais ou internas que as permitam germinar. Caso existam barreiras físicas, como a espessura e dureza do tegumento, e as sementes não aumentarem de tamanho após serem colocadas em contato com a água, pode-se considerar que o tegumento está sendo uma barreira para a entrada de água e este deve ser o motivo da ausência de germinação. Havendo condições ambientais e internas ideais, se a semente aumentar de tamanho após contato com a água e, mesmo assim, não germinar, pode-se considerá-la morta.

227

Quando uma semente viável não germina ela está quiescente?

Sim. A quiescência é provocada pela ausência ou insuficiência de um ou mais fatores externos necessários à germinação. A semente será capaz de germinar desde que não haja restrição do meio. Como exemplo, citam-se os fatores como a água, temperatura, luz, oxigênio.

Como é conduzida a germinação de sementes com tegumento impermeável?

Por meio de cortes no tegumento ou na testa das sementes, os quais devem ser realizados com a utilização de lâmina de bisturi, tesoura de poda, como em sementes de amendoim-do-campo (*Platypodium elegans* Vogel); de cortador “tipo de unha”, como em sementes de mulungu (*Erythrina velutina* Willd.); ou de alicata “tipo de unha”, como em sementes de urucu (*Bixa orellana* L.). Outra maneira de se realizar a escarificação mecânica é a fricção do tegumento das sementes em lixas, como em sementes de olho-de-boi (*Dioclea violacea* Benth.). Tanto a punção quanto a fricção em lixa devem ser realizadas na lateral ou região distal oposta à posição do eixo hipocótilo radicular ou eixo embrionário, com cuidado para não danificar o embrião.

Outra maneira de superar a dormência de sementes com tegumento impermeável, como as de tamboril [*Enterolobium gummiferum* (Mart.) J.F.Macbr], é por meio da escarificação química, em que as sementes são imersas em ácido concentrado, geralmente o ácido sulfúrico, o que exige estrutura laboratorial (capela com fluxo laminar) e equipamento de segurança (jaleco, luvas), para a proteção contra queimaduras graves. Algumas espécies podem ter a dormência de suas sementes superada com a utilização de calor. Existe a opção da utilização de calor seco, por meio de exposição das sementes em estufa, resultando na retração do tegumento das sementes em várias espécies, com as de algumas espécies do gênero *Manihot* Mill. Utilizam-se recipientes refratários rasos para acomodar as sementes, colocando-os em uma estufa pré-aquecida. O tempo de permanência depende da espécie em questão. Existe, ainda, a opção de se utilizar a técnica de calor úmido, em que se faz a imersão das sementes em água quente por alguns minutos, como é o caso de mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam.) (Magalhães 2017). Outra técnica que pode ser adotada para a superação de dormência é a imersão das sementes ou diásporos em nitrogênio líquido por tempo variável. A pressão exercida pelo nitrogênio

líquido e o choque térmico contribuem para a formação de fissuras na estrutura que envolve o embrião ou para seu amolecimento, favorecendo, assim, o processo de embebição, como em braúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl.), em cajá-mirim (*Spondias mombin* L.) e em juazeiro [*Sarcomphalus joazeiro* (Mart.) Hauenschild].

230

Quais são as outras partes das sementes que podem oferecer resistência ao crescimento dos embriões, além do tegumento?

Os envoltórios que circundam o embrião permitem a absorção de água, mas podem funcionar como uma barreira física, impedindo o crescimento do embrião e a sua germinação. Nas sementes de lobeira (*Solanum lycocarpum* A.St.-Hil.), a germinação inicia com a embebição da semente, ativando enzimas que irão enfraquecer o tecido ao redor do embrião, permitindo que a raiz rompa o tegumento (Anese et al., 2011).

230

Por que algumas sementes são capazes de embeber, mas não germinam?

Geralmente, porque possuem algum tipo de dormência fisiológica, morfológica ou morfofisiológica. A dormência fisiológica é causada por mecanismos inibitórios envolvendo os processos metabólicos e o controle do desenvolvimento. Esses mecanismos estão localizados no embrião e/ou nos tecidos e estruturas adjacentes a ele (endosperma e tegumento). Dormência morfológica acontece quando as sementes são dispersas com o embrião não diferenciado ou com o processo de diferenciação sem estar concluído. O embrião terá que passar por um período de maturação na semente após a dispersão, até adquirir a condição de quiescência. Dormência morfofisiológica é quando a semente apresenta tanto a dormência fisiológica como a morfológica. Portanto, para que a germinação aconteça, faz-se necessário que o embrião cresça até um tamanho

crítico, se diferencie antes e a dormência fisiológica seja superada por meio de estratificação ou outro tratamento. Um exemplo de sementes com dormência morfofisiológica é o da espécie trepadeira aristolóquia ou papo-de-peru (*Aristolochia galeata* Mart. & Zucc.) (Alves-da-Silva et al., 2011) e do araticum (*Annona crassiflora* Mart.) (Silva et al., 2007).

Outro fator que deve ser considerado é que a semente pode aparentar integridade física, porém estar inviável. Nesse caso, a semente absorve água por causa da pressão de embebição de seus constituintes hidrofílicos, há a expansão do embrião, entretanto, o processo germinativo não é concluído.

231

Quando a máxima germinação é alcançada em sementes não dormentes durante o seu desenvolvimento?

Geralmente, a máxima germinação ocorre bem próximo ou coincidente com o máximo de acúmulo de matéria seca, que é uma das características de sementes que atingiram a maturação fisiológica. O conhecimento do ponto de maturação fisiológica das sementes é importante na definição da colheita, uma vez que determina a qualidade das sementes e sua eficiência germinativa.

232

Quando deve ser feita a coleta de sementes ou diásporos de espécies não domesticadas?

É importante que sementes ou diásporos de espécies não domesticadas sejam coletados quando estiverem maduros e a dispersão tiver sido iniciada. Sementes de espécies como a lobeira (*Solanum lycocarpum* A.St.-Hil.) devem ser coletadas de frutos maduros que já tenham caído da planta-mãe (Magalhães 2017), pois, se forem coletadas de frutos verdes que ainda estiverem na planta-mãe, apresentarão menor percentagem de germinação que aquelas obtidas de frutos maduros já dispersados pela planta-mãe. Entretanto, é importante coletar apenas frutos que estiverem

caídos recentemente, pois, se forem coletadas de frutos que tiverem caído da planta-mãe há alguns dias e se encontrarem “passados”, contaminados ou em estado de deterioração, também não apresentaram boa germinação. Entretanto, para algumas espécies nativas, é possível coletar o fruto semiaberto, como, por exemplo, para as espécies de ipês (*Handroanthus* Mattos e *Tabebuia* DC.), dos gêneros *Bowdichia* Kunth. e *Bauhinia* L., ou o fruto de vez, como jenipapo (*Genipa americana* L.), e as sementes apresentarem um desempenho germinativo normal.

233

Desde a coleta de frutos, sementes ou diásporos até o beneficiamento, quais são os cuidados que devem ser tomados para minimizar as perdas durante a germinação?

Frutos, sementes ou diásporos, de acordo com suas características morfológicas, devem ser mantidos arejados e bem acondicionados desde o local de coleta até o local de beneficiamento. De maneira geral, recomenda-se que:

- Frutos secos sejam acondicionados em embalagens de papel kraft ou tecido (juta, algodão, malha de trama aberta).
- Frutos carnosos sejam acondicionados em embalagens aeradas (saco de tela para frutas, saco de rede, caixa plástica perfurada).
- Sementes ou diásporos pequenos, como de aroeira [*Myracrodruon urundeuva* (All.) Engl.], e médios, como de angico-branco [*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan], sejam acondicionados em saco de papel kraft ou algodão.
- Sementes ou diásporos grandes, como de tingui (*Magonia pubescens* A.St.-Hil.) e de oiti [*Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch], sejam acondicionados em saco de juta ou em caixa plástica perfurada.

No local de beneficiamento, frutos, sementes ou diásporos devem ser dispostos em condições de sombreamento e boa aeração até serem beneficiados. Não se deve passar muito tempo entre a coleta e o beneficiamento do material, especialmente dos frutos

carnosos, como das espécies de *Eugenia* L., de *Euterpe* Mart., de *Salacia* L. e de outras, pois esses podem entrar em estado de decomposição e microrganismos podem interferir na qualidade das sementes, comprometendo sua germinação.

234

A germinação pode ser prejudicada se as sementes ou os diásporos não forem beneficiados logo após a chegada do campo?

Sim. O ideal é beneficiar sementes ou diásporos logo após sua chegada do campo e iniciar os experimentos de germinação, para evitar que as sementes percam sua viabilidade, ou tenham características de sua germinação alterada. A grande maioria das espécies vegetais possuem sementes ortodoxas, que toleram serem desidratadas até 2%–5% do seu conteúdo de água. Nesse caso, o ideal é iniciar os experimentos de germinação de 7 a 10 dias após a sua coleta/beneficiamento. Entretanto, é importante deixar as sementes secarem por uns dois a três dias, antes de serem utilizadas em experimentos de germinação (Baskin; Baskin, 2014). Quando o comportamento fisiológico das sementes é desconhecido, deve-se ter bastante cuidado, pois, se forem recalcitrantes, com teores de água variando entre 30% e 65%, a desidratação intensa levará a sua morte, como ocorre com sementes de ingá [*Inga ingoides* (Rich.) Willd.], ou a exposição ao ar resultará na perda por oxidação, como em sementes de pitomba [*Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk].

Existem situações em que sementes ortodoxas perdem sua viabilidade em poucos meses quando mantidas sob condições ambientais em laboratório. É o caso de sementes de pau-santo (*Kielmeyera coriacea* Mart. & Zucc.) e de pau-terra-de-folha-larga (*Qualea grandiflora* Mart.), espécies do Cerrado com frutos secos em que suas sementes são ortodoxas, mas perdem sua viabilidade em poucos meses em tais condições. É recomendável desidratar as sementes e armazená-las em câmaras frias até a semeadura, para manter sua germinabilidade (Baskin; Baskin 2014).

Segundo as *Regras de Análise de Sementes, Capítulo 5 – Teste de Germinação* (Brasil, 2009), o teste de germinação é realizado utilizando-se, geralmente, uma quantidade de 400 sementes, divididas em quatro repetições de 100 sementes, ou oito repetições de 50 sementes, ou ainda 16 repetições de 25 sementes. De acordo com as *Instruções para Análise de Sementes de Espécies Florestais* (Brasil, 2013), pode-se conduzir o teste de germinação com quatro repetições de 100 sementes ou 50 sementes, ou ainda 25 sementes. As sementes são dispostas, com espaço entre si, sobre ou entre papel específico para germinação, vermiculita ou areia, umedecidos com água. Em seguida, o material é colocado em equipamento chamado de germinador, ajustado para a temperatura e quantidade de luz adequadas para a espécie em teste. Após um determinado número de dias, de acordo com a espécie, é realizada a contagem de plântulas normais, plântulas anormais e sementes mortas.

No caso de teste de germinação com o objetivo de se estudar aspectos ecológicos das sementes de uma determinada espécie, recomenda-se utilizar três réplicas de 50 sementes (Baskin; Baskin, 2014). Os experimentos devem ser conduzidos de preferência em placas de Petri contendo papel filtro, ou vermiculita, no caso de sementes grandes e/ou esféricas, pois todas as sementes receberão a mesma quantidade de água. A germinação deve ser contada a cada 24 horas e não existe necessidade de quantificar o número de plântulas normais.

Em geral, recomenda-se que um experimento sobre germinação dure até 4 semanas (Baskin; Baskin, 2014). Entretanto, há espécies nativas que, mesmo submetidas a tratamentos pré-germinativos, necessitam de períodos muito maiores para a contagem final de

sementes germinadas, como a ucuuba [*Virola surinamensis* (Rottb.) Warb.] e o timbó (*Ateleia glazioveana* Baill.), com contagens finais aos 60 e aos 120 dias após semeio, respectivamente. No caso dessas espécies, mesmo adotando-se tratamentos pré-germinativos, há heterogeneidade na intensidade da dormência entre sementes das amostras.

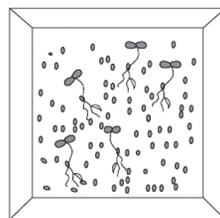
Em alguns casos, todas as sementes germinarão em períodos muito curtos, em outros, não ocorrerá nenhuma germinação de sementes por alguns dias. Nesse segundo caso, é importante verificar a aparência dessas sementes, como a consistência e a cor. Sementes com embrião cinza, amarelo ou marrom, sem consistência ou cobertas por fungos devem ser consideradas sem viabilidade. Sementes sem alteração de cor e de consistência normal devem ter a viabilidade testada por meio da utilização de solução de tetrazólio.

237 O que significa percentagem de germinação?

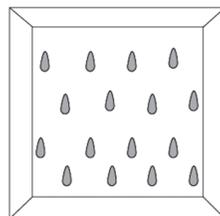
Percentagem de germinação é a forma como o resultado do teste de germinação é expresso. Corresponde à transformação em percentual do número de plântulas normais obtido do total de sementes semeadas, nas condições em que foi realizado o teste de germinação.

238 Qual é a diferença entre o teste de germinação por repetições pesadas e o teste por repetições contadas?

A diferença entre as duas formas de montar o teste de germinação depende da possibilidade de realização ou não do teste de pureza e da elevada ocorrência de sementes vazias na espécie. A possibilidade de



Repetição pesada



Repetição contada

realizar o teste de pureza é dependente do tamanho da semente e da presença de elevada quantidade de material inerte misturado às sementes. Quanto menor a semente e quanto mais material inerte misturado a elas, mais difícil é realizar o teste de pureza. Assim, o teste de germinação é realizado utilizando-se quatro repetições de sementes que não são contadas, mas, sim, pesadas. A massa correspondente a cada repetição de sementes está determinada nas *Regras para Análise de Sementes – Capítulo 1 Amostragem e Capítulo 5 Teste de Germinação* (Brasil, 2009). Esse é o caso de sementes de eucalipto. O resultado do teste de germinação por repetição pesada informado no *Boletim de Análise de Sementes* é o número de plântulas normais por quilograma de sementes. Sementes para as quais é possível realizar o teste de pureza, o teste de germinação é realizado utilizando-se, geralmente, quatro repetições de 100 sementes, as quais são contadas. O resultado do teste de germinação por repetição contada informado no *Boletim de Análise de Sementes* é a percentagem de germinação.

239

Existe somente o teste de germinação para avaliar a viabilidade de sementes?

Não. A viabilidade pode ser avaliada por outros testes, como o teste de embrião excisado e o teste de tetrazólio. A vantagem destes testes é a rapidez quando comparados com o tradicional teste de germinação, que pode levar muitos dias.

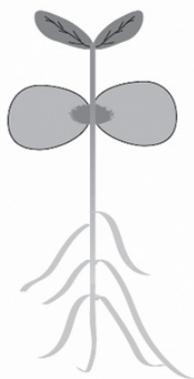
O teste de embrião excisado consiste na colocação das sementes em água para facilitar a remoção dos embriões, que, então, são colocados sobre um papel úmido e expostos à luz de forma semelhante ao dia, com pelo menos 8 horas de claridade, por 14 dias. Os embriões viáveis serão aqueles que permanecerem firmes, intumescidos, em desenvolvimento, sem alterações da coloração inicial ou com coloração esverdeada. Os embriões não viáveis serão aqueles que apresentarem consistência macilenta, friável, com coloração escura ou branca leitosa, sem indícios de crescimento ou deteriorados por microrganismos.

Já o teste de tetrazólio é um teste bioquímico que consiste em colocar as sementes em solução contendo o sal 2,3,5 trifenil cloreto, no escuro e sob temperatura e período específicos para cada espécie. A enzima desidrogenase, que está presente nos tecidos vivos, transformará o sal no composto trifenil formazan, o qual é colorido. Assim, as sementes viáveis apresentarão uma cor rosa-claro, indicando que a enzima desidrogenase está com atividade normal. Sementes com baixa viabilidade apresentarão coloração vermelho-carmim, indicando elevada atividade da enzima desidrogenase; e sementes mortas não apresentarão coloração, pois não houve conversão do sal em formazan, uma vez que a enzima desidrogenase não está mais ativa.

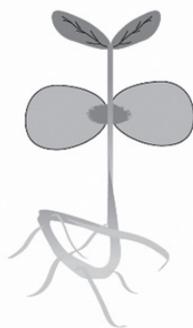
240

O que é uma plântula normal e anormal em um teste de germinação?

Plântula normal



Plântula anormal



Uma plântula normal é aquela obtida de uma semente germinada em condições favoráveis e que apresenta as estruturas essenciais proporcionais, desenvolvidas e saudáveis. Em plântulas normais, o sistema radicular é composto por raiz principal, podendo ter ou não raízes secundárias. A parte aérea é composta por hipocótilo, epicótilo; presença ou não de cotilédones, protó-

filos opostos e presença de gema apical. A plântula normal pode ter pequenos defeitos, em menos de 50% de sua área, os quais não impedirão seu desenvolvimento em uma planta normal em condições de campo favoráveis. Além disso, uma plântula que esteja atacada por microrganismos não oriundos da semente, também pode ser considerada uma plântula normal.

Por sua vez, a plântula anormal é aquela obtida de uma semente germinada em condições favoráveis, em que não há uma de suas estruturas essenciais, ou alguma de suas estruturas deteriorada ou danificada acima de 50% de sua área, ou com sintomas de infecção primária, comprometendo seu desenvolvimento em uma planta normal em condições de campo.

241

O teste de germinação é eficiente em avaliar a germinação de um lote de sementes?

Sim. O teste de germinação é eficiente para fornecer informações sobre o potencial germinativo de uma amostra de sementes que é colocada para germinar, sob condições ótimas de ambiente. Além disso, é considerado um teste padronizado, com ampla possibilidade de repetição dos resultados, dentro de níveis razoáveis de tolerância, desde que sejam seguidas as instruções estabelecidas nas *Regras para Análise de Sementes* (Brasil, 2009) e nas *Instruções para Análise de Sementes de Espécies Florestais* (Brasil, 2013). O resultado de um teste de germinação leva em consideração o aparecimento da raiz completa, do caule e pelo menos de um par de folhas (Krzyzanowski et al., 1999).

242

O que deve ser feito antes dos primeiros experimentos de germinação?

Antes de se iniciar um experimento de germinação, é recomendado que se corte algumas sementes ou diásporos com uma lâmina de bisturi ou tesoura de poda. Esse corte permitirá observar características importantes das sementes ou diásporos, como, por exemplo, se uma percentagem considerável da população de sementes se encontra vazia ou predada, quão duro é o tegumento, se a semente é endospermática ou cotiledonar, a posição do eixo embrionário e outras características. É também importante verificar se as sementes ou diásporos são capazes de embeber

sem tratamentos ou são impermeáveis. Para isso, deve-se usar uma pequena amostra de sementes ou diásporos, obter a massa inicial da amostra e acompanhar o ganho de massa das sementes, após colocadas para embeber em água em placa de Petri com papel filtro, ou material similar, à temperatura ambiente. Espere por 24 horas e observe se as sementes mudaram de tamanho, em seguida, as retire da placa de Petri, enxugando o excesso de água, e as pese novamente. Sementes que são capazes de embeber sem pré-tratamento se mostrarão maiores e estarão mais pesadas. Por sua vez, sementes que são impermeáveis não apresentarão aumento de seu peso (Baskin; Baskin 2014).

243

Como obter amostras de sementes para estudos de comportamento fisiológico?

Se o objetivo da amostra for avaliar o comportamento fisiológico de sementes de uma espécie, o ideal é realizar experimentos com uma amostra composta por sementes coletadas de diversos indivíduos de uma dada população. Pode ser que uma espécie possua sementes que apresentarão diferenças em sua germinação, quando pertencerem a populações distintas, ou, até mesmo, quando forem coletadas numa mesma população, porém, de diferentes indivíduos ou em diferentes anos. Portanto, é muito importante que se descreva adequadamente informações sobre a coleta: ano de coleta, local de coleta (coordenadas geográficas ou município, número de indivíduos coletados, etc.).

244

O teste de germinação pode ser realizado com sementes de apenas um indivíduo?

Sim. O importante é que a amostra seja representativa do indivíduo que se está coletando e que será utilizado para o teste de germinação.

245

Por que, para as sementes de muitas espécies, deve-se lavá-las antes do sementeio?

Porque seus frutos possuem compostos que inibem a germinação ou bloqueiam o crescimento embrionário. Dessa forma, as sementes devem ser extraídas dos frutos, lavadas, secadas ou não, antes do plantio.

246

Sementes peletizadas ou pelletizadas germinam igual as sementes não peletizadas ou pelletizadas?

Sementes revestidas devem germinar igualmente às sementes não revestidas, desde que o processo de revestimento não crie barreiras à germinação. O revestimento das sementes pode constituir uma barreira à absorção de água e às trocas gasosas, comprometendo a velocidade de germinação. Para algumas espécies de hortaliças que, usualmente, têm suas sementes revestidas (peletizadas ou incrustadas), é feito o condicionamento osmótico para aprimorar o processo germinativo. Contudo, inúmeras possibilidades vêm surgindo com o processo de revestimento, com o desenvolvimento de novas tecnologias de modificação de superfícies, possibilitando um melhor desempenho das sementes no campo.

247

Em que o teste de vigor se diferencia do teste de germinação?

Os testes de vigor permitem detectar o progresso da deterioração das sementes, o que não ocorre com o teste de germinação, que indica apenas os estádios finais do processo. Os testes de vigor representam um importante parâmetro para a caracterização da qualidade fisiológica das sementes. Foram desenvolvidos para proporcionar informações adicionais ao teste de germinação, mas não para substituí-lo. Quando se avalia lotes de sementes para a semeadura em campo, os resultados obtidos, com grande frequência, podem ser inferiores aos observados para a germinação

em laboratório. Nesse caso, são indicados os testes de vigor para melhor prever o comportamento das sementes no campo (Krzyzanowski et al., 1999).

248 Qual é o valor considerado uma “boa germinação” para comercialização de sementes?

Para comercialização, os produtores de sementes devem ofertar ao mercado sementes com um valor mínimo de germinação, o qual é determinado pela legislação e conhecido como padrões mínimos. Se um lote de sementes apresentar percentagem de germinação abaixo do padrão mínimo da espécie, não pode ser comercializado como semente.

249 Um produtor de sementes necessita do valor de germinação das sementes de um lote para comercializá-lo. Como obter essa informação?

Para a comercialização de sementes, é obrigatório informar a sua percentagem de germinação, a qual é obtida pelo teste de germinação, que deve ser realizado em um laboratório de análise de sementes credenciado no Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa), possuindo Registro Nacional de Sementes e Mudas (Renasem). O resultado do teste de germinação, que é a percentagem de germinação, é apresentado em um documento denominado *Boletim de Análise de Sementes*, com o qual as sementes podem ser comercializadas.

250 Qual a quantidade de sementes a ser enviada para um laboratório de análise de sementes para fazer o teste de germinação?

A quantidade de sementes a ser enviada para o laboratório credenciado depende da espécie e está determinada pelo

Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa). Essa informação pode ser encontrada nas *Regras para Análise de Sementes* (Brasil, 2009). Existem exceções a esta regra, como é o caso de sementes raras.

Referências

ALVES-DA-SILVA, D.; BORGHETTI, F.; THOMPSON, K.; PRITCHARD, H.; GRIME, J. P. Underdeveloped embryos and germination in *Aristolochia galeata* seeds. **Plant Biology**, v. 13, n. 1, p. 104-108, Jan. 2011. DOI: 10.1111/j.1438-8677.2009.00302.x.

ANESE, S.; SILVA, E. A. A. da; DAVIDE, A. C.; ROCHA FARIA, J. M.; SOARES, G. C. M.; MATOS, A. C. B.; TOOROP, P. E. Seed priming improves endosperm weakening, germination, and subsequent seedling development of *Solanum lycocarpum* St. Hil. **Seed Science and Technology**, v. 39, n. 1, p. 125-139, Apr. 2011. DOI: 10.15258/sst.2011.39.1.11.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds, ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. 2 ed. San Diego: Academic Press, 2014. 1.600 p.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para análise de sementes de espécies florestais**. Brasília, DF, 2013. 97 p. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf. Acesso em: 17 jan. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 2009. 399 p. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf. Acesso em: 17 jan. 2021.

BRAY, C. M. Biochemical processes during the osmopriming of seeds. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (ed.). **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 767-89.

FERREIRA DE SÁ, M. N. F.; LIMA, J.de S.; JESUS, F. N. de; PEREZ, J.O. Microbiolização na qualidade de sementes e crescimento inicial de plantas de *Vigna unguiculata* L. Walp. **Acta Brasiliensis**, v. 3, n. 3, p. 111-115, Sept. 2019.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. de B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999. 218 p.

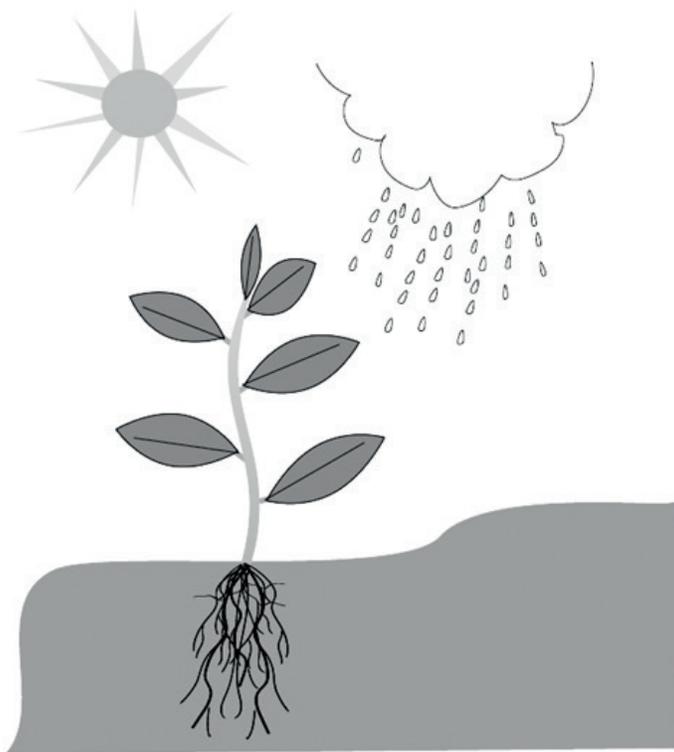
MAGALHÃES, M. L. L. **Germinação e estabelecimento de arbustos e árvores pioneiros para a restauração florestal por semeadura direta**. 2017. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade de Brasília, Brasília, DF.

MILBERG, P.; ANDERSSON, L.; THOMPSON, K. Large seeded species are less dependent on light for germination than small seeded ones. **Seed Science Research**, v. 10, p. 99-104, Feb. 2000. DOI: 10.1017/S0960258500000118.

OLIVEIRA, G. M.; SILVA, F. F. S.; ARAUJO, M. N.; COSTA, D. C. C.; GOMES, S. E. V.; MATIAS, J. R.; PELACANI, C. R.; SEAL, C. S.; DANTAS, B. F. Environmental stress, future climate, and germination of *Myracrodruon urundeuva* seeds. **Journal of Seed Sciences**, v. 41, p. 32-43, Jan.-Mar. 2019. DOI: 10.1590/2317-1545v41n1191945.

SILVA, E. A. A.; MELO, D. L. B.; DAVIDE, A. N. B.; ABREU, J. M. R. F.; HILHORST, H. W. M. Germination ecophysiology of *Annona crassiflora* seeds. **Annals of Botany**, v. 99, n. 5, p. 823-830, May 2007. DOI: 10.1093/aob/mcm016.

5 Ecofisiologia da Germinação



*Izumé Rita Imaculada Santos
Antonieta Nassif Salomão*

251 O que é ecofisiologia?

Ecofisiologia é o ramo da fisiologia que estuda a adaptação e a interação das espécies com o meio ambiente e o impacto das variações desse meio ambiente sobre os organismos.

252 O que é ecofisiologia da germinação?

Ecofisiologia da germinação refere-se às respostas fisiológicas das sementes, durante o processo germinativo, aos fatores bióticos e abióticos ambientais, como disponibilidade hídrica, gradiente de luminosidade, flutuações de temperatura, aeração do solo, salinidade, qualidade do substrato, assim como as interações entre as sementes e seus predadores e dispersores.

253 Quais são os principais fatores ambientais que influenciam a germinação das sementes?

O processo germinativo é regulado por vários fatores, como umidade, oxigênio, temperatura, luz e nutrientes do solo. Esses fatores, em condições artificiais, podem ser manipulados, a fim de maximizar a percentagem, velocidade e uniformidade de germinação, resultando na obtenção de plântulas mais vigorosas e na redução de gastos de produção.

254 Qual é o papel ecológico da semente para o estabelecimento das espécies vegetais?

A semente tem grande importância no estabelecimento das espécies vegetais em ambientes diferentes de onde se encontra a planta-mãe, podendo:

- Aumentar a área de ocorrência das espécies em locais mais favoráveis a seu estabelecimento.

- Alterar os padrões de distribuição natural das espécies.
- Favorecer o fluxo gênico intraespecífico.
- Evitar a competição entre plântulas por luz, água e nutrientes.
- Propiciar o estabelecimento das espécies em áreas de escape de predadores e parasitas.

255

Qual é a importância da germinação de sementes de espécies nativas?

Os trabalhos que visam à conservação e à exploração racional de espécies nativas dependem da formação de mudas. Assim, a germinação dessas sementes é de extrema importância para a renovação da vegetação, recuperação de áreas degradadas, estabelecimento de bancos de germoplasma, programas de melhoramento e plantios para a exploração econômica de frutos, madeira, produtos medicinais, etc.

256

O que é chuva de sementes?

Chuva de sementes refere-se ao conjunto de sementes que cai na superfície do solo de determinada formação vegetal, em um período preciso do ano. A chuva de sementes é provedora contínua de material para a colonização ou recolonização da cobertura vegetal, para a formação de bancos de sementes e bancos de plântulas.

257

O que são bancos de sementes do solo?

Em áreas naturais, os bancos de sementes referem-se à coleção de sementes ou diásporos viáveis presentes no solo em determinado momento, os quais são provenientes das espécies



de plantas que ocorrem ou ocorreram na área. Representam um estoque rico de material genético de grande importância e significado ecológico.

258 Qual é a importância dos bancos de sementes para a restauração de áreas degradadas?

Os bancos de sementes são importantes porque desempenham as seguintes funções nas comunidades vegetais:

- Suprimento de novos indivíduos para a restauração natural dos ecossistemas e comunidades vegetais ao longo do tempo.
- Recuperação florística e estrutural da vegetação.
- Influência nas mudanças evolucionárias em comunidades vegetais.
- Armazenamento de informações sobre as variações espacial e temporal da estrutura genética das populações.
- Contribuição em ações de manejo, recuperação, revegetação, florestamento ou reflorestamento de uma área degradada, uma vez que tem informações sobre o passado da composição vegetal.
- Permite que a persistência das sementes de uma espécie, população ou genótipo sobreviva após a morte das plantas-mãe, distribuindo, assim, a diversidade genética ao longo do tempo.

259 Quais são os tipos de bancos de sementes do solo?

Há dois tipos de bancos de sementes do solo: os temporários ou transitórios e os permanentes. Os bancos temporários ou transitórios são formados por diásporos ou sementes não longevas de espécies anuais ou bianuais. Os bancos permanentes são formados por diásporos ou sementes plurianuais e longevas.

260

Quais são os fatores abióticos e bióticos que interferem na permanência das sementes nos bancos do solo?

Os fatores abióticos são a umidade do solo, a qualidade espectral da luz, as flutuações de temperatura, a presença de ácidos e gases no solo e no ar. Os fatores bióticos são a presença de predadores, os patógenos e a ação antrópica.

261

Quais são os mecanismos que determinam a viabilidade e a longevidade ecológica das sementes em bancos do solo?

Os mecanismos que determinam a viabilidade e a longevidade ecológica das sementes em bancos do solo são suas características físicas, químicas e fisiológicas e a interação dessas características com os fatores ambientais que resultam nos distintos tipos de dormência. A composição química das sementes interfere na viabilidade e na longevidade, seja por contribuir para a rápida degradação, seja pela palatabilidade, atraindo ou repelindo os predadores. A impermeabilidade tegumentar, interferindo na absorção de água e nas trocas gasosas, e a presença de inibidores, bem como a dormência morfofisiológica, impedem a germinação de sementes em condições desfavoráveis, o que aumenta suas chances de permanência em bancos do solo.

262

O que determina os padrões estacionais de estrutura, dinâmica, densidade e composição florística dos bancos de sementes?

Os padrões estacionais de estrutura, dinâmica, densidade e composição florística dos bancos de sementes são estabelecidos mais em função das diferenças entre as espécies, das correlações existentes entre o processo evolucionário das espécies e do habitat do que das diferenças ambientais.

263

Sementes de todas as espécies vegetais podem compor os bancos de sementes?

Não. Há espécies cujas sementes não estão fisiologicamente adaptadas para permanecerem, ainda que por curto período, em bancos de sementes do solo. As sementes dessas espécies apresentam comportamento fisiológico intermediário ou recalcitrante e iniciam o processo germinativo após a dispersão. Adicionalmente, há espécies ecologicamente adaptadas. Na sucessão ecológica, são denominadas espécies secundárias tardias ou clímax, que produzem um número reduzido de sementes e essas são muito palatáveis, portanto, mais atrativas aos predadores ou germinam após dispersão. Tanto as sementes intermediárias ou recalcitrantes quanto as secundárias tardias ou clímax, após germinação, compõem, preferencialmente, os bancos de plântulas, que representam os indivíduos em desenvolvimento durante a regeneração natural em formações vegetais.

264

Quais são os fatores que alteram os bancos de sementes do solo?

Vários fatores podem alterar os bancos de sementes do solo. Os predadores podem consumir diásporos ou sementes de determinadas espécies e, assim, alterar a composição florística e a densidade dos bancos. Os microrganismos predadores interferem tanto na estrutura quanto na composição dos bancos. A água, ao lixiviar as sementes que se depositam superficialmente, e o fogo, ao destruir as sementes depositadas superficialmente, alteram a estrutura dos bancos. O processo de senescência natural das sementes e a ação antrópica são outros fatores responsáveis pela modificação dos bancos de sementes do solo.

265

O que é erva daninha?

Erva daninha é o termo utilizado para descrever uma planta, exótica ou nativa, que nasce espontaneamente em local e momento

indesejados, podendo interferir negativamente no desenvolvimento de espécies cultivadas.

266

Por que as espécies de ervas daninhas são consideradas desfavoráveis à agricultura?

Estas espécies são prejudiciais às espécies agrícolas, porque competem por nutrientes, água, espaço e podem ser reservatórios de pragas e doenças, comprometendo o rendimento das culturas.

267

As sementes de ervas daninhas podem compor os bancos de sementes?

As sementes de ervas daninhas podem compor tanto os bancos transitórios quanto os permanentes.

268

Quais são os fatores que afetam o processo germinativo da semente?

O processo germinativo pode ser afetado por diversos fatores internos e externos (ambientais) à semente, os quais atuam isolados ou conjuntamente. Esses fatores, ao serem detectados pelas sementes, desencadeiam sinais internos em nível molecular, que podem induzir a ativação ou inativação de diversos compostos e reações metabólicas necessários para que o processo germinativo ocorra.

269

Qual é a influência do substrato na germinação de sementes?

O substrato é um fator complexo que pode influenciar de diversas maneiras a germinação e a pós-germinação, ou seja, a fixação das plântulas. Fatores como composição, estrutura, aeração,

capacidade de retenção de água e grau de infestação por pragas podem variar de acordo com o tipo de substrato. A escolha do tipo de substrato, em condições de laboratório ou casa de vegetação, deve levar em consideração o tamanho da semente e sua exigência em relação à umidade e à luz, e, principalmente, os fatores densidade, capacidade de absorção e retenção de água, aeração e drenagem, ausência de pragas, patógenos e substâncias tóxicas, oferecendo facilidade para a avaliação e o desenvolvimento das plântulas.

270

Qual é a influência dos níveis de umidade sobre a germinação de sementes?

A água é um dos fatores mais importantes na germinação, pois o primeiro evento que ocorre no processo germinativo é a absorção de água. Em decorrência da absorção e da embebição de água, os tecidos das sementes são reidratados, o que leva à intensificação da respiração e de todas as outras atividades metabólicas, que culminam no fornecimento de energia e nutrientes necessários para a retomada de crescimento do eixo embrionário e o desenvolvimento das demais etapas da germinação. A água amolece o tegumento, favorecendo a penetração do oxigênio. Ocorre, então, o rompimento do tegumento, facilitando a emergência do eixo hipocótilo radicular da semente.

Por sua vez, o excesso de umidade, em geral, provoca decréscimo na germinação, visto que impede a penetração do oxigênio e reduz os processos metabólicos. Assim, os níveis de umidade adequados irão variar dependendo da espécie, sendo que o excesso de umidade é prejudicial para algumas espécies, enquanto, para outras, um substrato saturado é necessário para que haja uma germinação normal.

271

Como se dá a absorção de água pela semente?

O movimento da água para o interior da semente é devido tanto ao processo de capilaridade quanto ao de difusão e ocorre

do sentido do maior para o menor potencial hídrico. Assim sendo, a embebição é essencialmente um processo físico relacionado às características de permeabilidade do tegumento e das propriedades dos coloides que constituem as sementes, cuja hidratação é uma de suas primeiras consequências. A velocidade de absorção de água varia com a espécie, com o número de poros distribuídos sobre a superfície do tegumento, com a disponibilidade de água, com a temperatura, com a pressão hidrostática, com a área de contato semente/água, com as forças intermoleculares, com a composição química e com a qualidade fisiológica da semente.

272

Qual é a influência dos níveis de oxigênio sobre a germinação de sementes?

A presença de oxigênio é essencial para a germinação de sementes da maioria das espécies vegetais. O oxigênio é necessário para o grande aumento na atividade respiratória exigida no processo de germinação e subsequente crescimento e desenvolvimento da plântula. A atmosfera contém oxigênio suficiente ($\pm 21\%$) para a germinação das sementes, mas o suprimento de oxigênio para o embrião pode ser bloqueado por fatores ambientais ou condição da semente, como o excesso de umidade no substrato e a impermeabilidade dos tegumentos, retardando ou impedindo a germinação.

273

Qual é a influência da temperatura sobre a germinação de sementes?

A temperatura afeta a velocidade de absorção de água e as reações bioquímicas que irão mobilizar ou degradar as reservas armazenadas e a síntese de várias substâncias para o crescimento do embrião e das plântulas. Consequentemente, a temperatura determina a velocidade do processo germinativo, o percentual de germinação total e a uniformidade da emergência de plântulas.

As sementes apresentam capacidade germinativa em limites bem definidos de temperatura, variáveis de espécie para espécie, que caracteriza sua distribuição geográfica. Uma mesma espécie pode germinar em diferentes temperaturas, determinadas como temperaturas mínima, ótima e máxima de germinação. Geralmente, a temperatura ideal está relacionada à temperatura da região de origem geográfica da espécie, considerando a época favorável para a germinação das sementes. Além disso, a distribuição geográfica pode influenciar na variação da temperatura de germinação, pois, quanto maior for a distribuição geográfica de uma espécie, mais ampla será a faixa de temperatura em que a semente germinará. Há espécies cujo máximo potencial germinativo é atingido quando em temperatura constante, ou em alternância de temperatura, ou ainda em um intervalo amplo de temperatura.

274 O que são temperaturas mínima e máxima de germinação?

As temperaturas extremas (mínima e máxima) são aquelas em que as sementes não conseguem germinar adequadamente. Temperaturas abaixo da ótima (mínima) são responsáveis por reduzir a velocidade de embebição e mobilização de reservas, ocasionando um decréscimo na germinação. Ao contrário, temperaturas acima da ótima (máxima) aumentam a velocidade de germinação, no entanto, podem provocar a diminuição do suprimento de aminoácidos livres, da síntese proteica e das reações anabólicas, responsáveis pela desnaturação de proteínas e alteração da permeabilidade das membranas.

275 Qual é a influência da luz sobre a germinação de sementes?

As sementes podem germinar no escuro ou em presença de luz. Entretanto, a incidência de luz promove a germinação e favorece o desenvolvimento das estruturas essenciais da semente e da plântula. Sementes de algumas espécies apresentam sensibilidade

à luz por causa da ação do fitocromo, sendo que, nesse caso, a luz pode inibir a germinação. A ação da luz no estímulo ou na inibição da germinação é causada por diferentes regiões do espectro.

276 O que é fotoblastismo?

Fotoblastismo é o estímulo luminoso (ou fotoestímulo), por meio de comunicação fisiológica e fisiológica entre a semente e o meio ambiente, o qual desencadeia o processo germinativo, aumentando a germinabilidade ou a velocidade de germinação. Com base na sensibilidade ao estímulo luminoso, as sementes são classificadas em três categorias: fotoblásticas positivas, negativas ou neutras.

277 O que são sementes fotoblásticas positivas?

São aquelas que têm a germinação promovida pela luz branca e, portanto, não germinam no escuro.

278 O que são sementes fotoblásticas negativas?

São aquelas que têm a germinação inibida pela luz branca e, portanto, germinam em ausência de luz.

279 O que são sementes fotoblásticas neutras?

São aquelas indiferentes à luz, podendo germinar tanto na presença quanto na ausência de luz branca.

280 O que é fitocromo e qual é sua importância na germinação?

O fitocromo é uma cromoproteína, um pigmento receptivo à luz, o qual induz a germinação. O fitocromo existe sob duas formas interconversíveis: a forma biologicamente ativa F730, que induz a

germinação, e a forma inativa F660, que inibe a germinação. Quando as sementes são expostas à luz vermelha, o fitocromo se converte na forma ativa, que absorve no vermelho distante, e quando as sementes são expostas ao vermelho distante e escuro, o fitocromo passa a sua forma inativa. O fitocromo é uma proteína que não pode mudar sua conformação no estado desidratado, não podendo converter completamente sua forma inativa (F660) para forma ativa (F730). Mas, quando as sementes hidratadas são irradiadas com luz visível e desidratadas novamente, as sementes secas passam a conter um nível superior de F730 e germinam quando reidratadas no escuro.

281 Qual é a influência da salinidade sobre a germinação de sementes?

A salinidade interfere na germinação das sementes, podendo inibi-la em decorrência do efeito osmótico, que causa a chamada seca fisiológica, ou do efeito tóxico, resultante da concentração de íons no protoplasma celular.

282 Qual é a influência dos nutrientes sobre a germinação de sementes?

O sucesso da germinação requer uma combinação de diversos fatores ambientais. Os compostos armazenados naturalmente no solo ou presentes no substrato estimulam a germinação de muitas espécies silvestres. Entre esses compostos, os nitratos são usados para estimular a germinação ou superar a dormência, podendo facilitar a germinação por sua função como cofator para a ação do fitocromo ou a síntese endógena de hormônios, como as giberelinas.

283 Qual é a influência do pH do solo no processo germinativo?

O pH do solo em si não interfere no processo germinativo. Entretanto, o pH do solo interfere no desenvolvimento de algumas espécies, sobretudo as agrícolas. Isso ocorre porque,

geralmente, solos ácidos têm baixa fertilidade, o que compromete a disponibilidade de nutrientes para as plântulas. Em solos ácidos é feita a calagem, ou seja, a correção pela adição de carbonato de cálcio, para aprimorar o cultivo agrícola.

284 O que é dispersão de sementes?

A dispersão de sementes refere-se ao movimento ou transporte das sementes para longe da planta-mãe. A dispersão reduz a competição coespecífica, aumenta a chance de sobrevivência das plântulas e permite que as espécies vegetais conquistem novas áreas e ambientes.



285 Como é feita a dispersão das sementes no ambiente?

A dispersão das sementes pode ocorrer de forma natural ou artificial. A dispersão natural ocorre com ou sem ajuda de agentes externos. Já na forma artificial, a dispersão é feita pelo homem com o objetivo de cultivo agrícola, silvicultural, ornamental, paisagístico e outros.

286 O que é síndrome de dispersão?

Síndrome de dispersão é o conjunto de processos pelos quais sementes e frutos são dispersos ou transportados à maior ou menor distância da planta-mãe.

287 Quais são os principais mecanismos de dispersão das sementes?

Os mecanismos de dispersão podem ser abióticos (vento, água, gravi-



dade) ou bióticos (animais de grupos variados, homem). Os principais mecanismos de dispersão são:

- Anemocoria: o agente dispersor é o vento.
- Hidrocoria: a dispersão é feita pela água.
- Autocoria: as sementes são dispersas pelas próprias plantas sem a participação de nenhum agente externo, em que os frutos se abrem por deiscência explosiva e lançam as sementes no ambiente.
- Barocoria: a dispersão é realizada apenas pelo peso do diásporo e por ação da força gravitacional.
- Zoocoria: a dispersão é realizada por diferentes grupos de animais: a) ictiocoria: dispersão por peixes; b) mamaliocoria: dispersão por mamíferos; c) mirmecoria: dispersão por formigas; d) ornitocoria: dispersão por pássaros; e) quirop-terocoria: dispersão por morcegos; f) saurocoria: dispersão por répteis; g) antropocoria: dispersão pelo homem.

288 Quais são os tipos de dispersão zoocórica?

Sementes e/ou frutos que fazem parte da dieta dos dispersores, sendo as sementes dispersadas em suas fezes (endozoocoria). Sementes e/ou frutos carregados intencionalmente pelo agente dispersor para utilizá-los em sua dieta ou para o plantio (sinzoocoria). Sementes e/ou frutos com estruturas que permitem sua aderência ao pelo ou ao corpo do animal (epizoocoria).

289 Quais são as estruturas de sementes e diásporos adaptadas para a dispersão?

Sementes e diásporos de inúmeras espécies têm estruturas específicas e adaptadas para atrair dispersores ou favorecer a dispersão. Os nutrientes de reserva das sementes podem ser palatáveis, atraindo animais específicos para dispersá-las (zoocoria – sinzoocoria), como os pinhões do pinheiro-do-paraná [*Araucaria*

angustifolia (Bertol.) Kuntze]. Arilo, ariloide, carúncula, sarcotesta, mucilagem e elaiossomo podem atrair os dispersores específicos pela palatabilidade ou pela cor (zoocoria – mamaliocoria, mirmecoria, ornitocoria). Alas membranosas, cerdas, pelos e plumas favorecem a dispersão pelo vento (anemocoria), como as sementes com fibras de imbiruçu [*Pseudobombax longiflorum* (Mart.) A. Robyns], as com ala circundante de sementes de caroba [*Cybistax antisiphilitica* (Mart.) Mart.], diásporos alados de capitão-do-mato (*Terminalia argentea* Mart. & Succ.) e os diásporos plumosos de dente-de-leão (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg.). Tricomas em forma de ganchos, espinhos, arista e diásporos estriados facilitam a aderência em pelos e peles de animais e do homem (antropocoria), como os aquênios com arista de picão-preto (*Bidens pilosa* L.). Fruto que se abre por deiscência explosiva liberando as sementes (autocoria), como o de pata-de-vaca (*Bauhinia forficata* Link). Fruto que cai próximo à planta-mãe por causa de seu peso (barocoria), como o de jerivá [*Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman]. Aparatos flutuadores, como pelos e ariloides, envoltório impermeável, suberoso ou fibroso e estruturas celulares retentoras de ar são adaptações para a dispersão de sementes pela água (hidrocória), como sementes de pau-mulato [*Calycophyllum spruceanum* (Benth.) K. Schum.].

290 Qual é a importância ecológica da dispersão?

A dispersão de sementes permite a distribuição aleatória da germinação no espaço, o movimento das espécies de plantas nos ecossistemas e a migração de genes entre populações, fatores importantes para a manutenção e a expansão dos vegetais sobre a terra. A dispersão possibilita o estabelecimento de indivíduos de uma espécie em novos habitats, e, dessa forma, pode aumentar a competitividade, a probabilidade de sobrevivência e o sucesso reprodutivo de espécies de plantas menos abundantes e com menor poder de competição, ampliando, assim, a distribuição espacial dessas espécies e contribuindo para o aumento e manutenção de diversidade e heterogeneidade das populações vegetais nos

ecossistemas. Não fosse pela dispersão, a competição entre indivíduos de uma população e de populações adjacentes seria extremamente forte, o que poderia levar espécies à extinção por exclusão competitiva.

291 O que é antitelecoria?

A antitelecoria refere-se à limitação da dispersão de sementes, ou seja, as sementes não alcançam locais afastados da planta-mãe. Esse mecanismo de dispersão é mais comum em ambientes áridos ou desérticos em que as condições ambientais são pouco favoráveis ao desenvolvimento de novas plantas.

292 O que é telecoria?

A telecoria é o mecanismo de dispersão que permite às sementes alcançarem grandes distâncias.

293 O que é dispersão haplocórica?

A dispersão haplocórica é aquela que depende de um único agente dispersor biótico ou abiótico.

294 O que é dispersão policórica?

A dispersão policórica é aquela que depende de vários agentes dispersores bióticos ou abióticos.

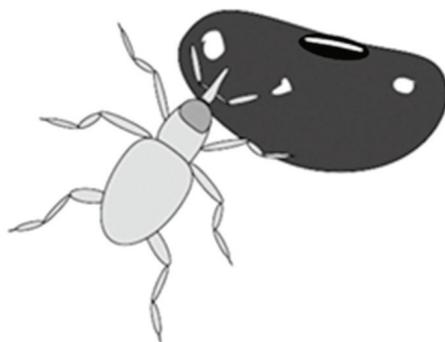
295 Qual é a influência dos predadores sobre a germinação e a dispersão de sementes?

A predação de sementes pode ter uma influência positiva sobre a germinação quando os agentes predadores removem restos

de frutos e desgastam os envoltórios das sementes. Isso reduz a proliferação de decompositores, a deterioração da semente, facilitando a embebição e o início do processo germinativo. Dessa forma, há incremento na competitividade e no sucesso reprodutivo de plantas menos abundantes ou com menor poder de competição, contribuindo, assim, para o aumento e manutenção de diversidade nos ecossistemas. Além disso, a predação também pode ter efeito nocivo, sendo considerada um fator-chave na mortalidade das sementes, podendo limitar a oferta ou até mesmo impedir a germinação, tendo, portanto, consequências drásticas na trajetória das sementes, na diversidade, na reprodução e na distribuição das plantas em um ecossistema.

296 Quais são os principais predadores de sementes?

Os principais predadores das sementes são insetos, aves, mamíferos de pequeno, médio e grande porte e o homem.



297 Por que as sementes de algumas espécies germinam dentro do fruto?

A germinação de sementes dentro do fruto é uma estratégia adaptativa de sobrevivência e de regulação populacional de algumas espécies. Essa estratégia evita que as sementes sejam predadas quando estão no solo e favorece a formação sincrônica do banco de plântulas.

298 O que é fenologia?

A fenologia é a área da botânica que estuda as diferentes fases do crescimento e desenvolvimento das plantas, desde as fases

vegetativas (germinação, emergência, crescimento e desenvolvimento da parte aérea e raízes) até as reprodutivas (floração, frutificação, formação de sementes, maturação e dispersão) das plantas.

299 Qual a importância da fenologia para as espécies cultivadas e nativas não domesticadas?

A fenologia é um instrumento eficaz de manejo das espécies cultivadas, uma vez que os caracteres morfológicos estão associados ao momento fisiológico da planta e a seus processos de floração, frutificação e dispersão de frutos e/ou sementes, entre outros. A monitoração dos caracteres morfológicos permite identificar as necessidades da planta, bem como serve como guia para a implementação de medidas de manejo, as quais possibilitarão o desenvolvimento normal da cultura, aumento de rendimento e produtividade. A identificação das fenofases das espécies cultivadas e das espécies nativas não domesticadas é importante por fornecer informações sobre os requerimentos básicos para sua conservação *in situ*, a época ideal para coleta de sementes para a conservação *ex situ* e a estrutura das comunidades vegetais.

300 O que é alelopatia?

Alelopatia é uma estratégia de sobrevivência em que há interação bioquímica entre plantas, com a liberação de substâncias químicas no ambiente.

301 Qual a influência da alelopatia sobre a germinação de sementes?

A alelopatia, por ter importante papel ecológico em sistemas biológicos, exerce influência positiva, negativa ou neutra sobre a germinação de sementes, o crescimento e o desenvolvimento de plântulas.

302

De que maneira a alelopatia influencia positiva ou negativamente a germinação de sementes?

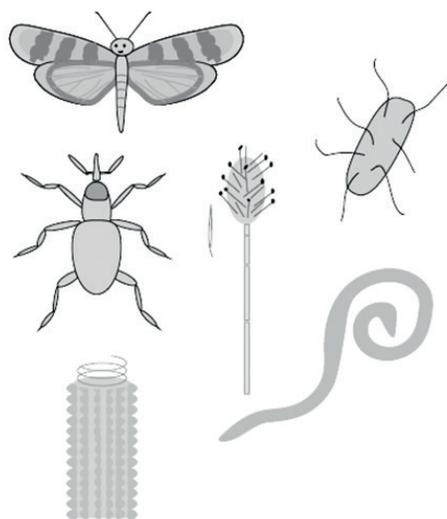
A alelopatia tem influência positiva sobre a germinação quando as substâncias químicas, metabólitos secundários, liberadas por uma planta no ambiente estimulam o processo germinativo, auxiliando no crescimento da plântula. Em contraste, a influência negativa expressa-se pela inibição ou pelo retardamento do processo germinativo. Esse tipo de alelopatia pode ser autotóxico, ou seja, a planta atua negativamente sobre a germinação de suas próprias sementes, ou heterotóxico, em que a planta atua negativamente sobre a germinação de sementes de outras espécies.

303

Qual é o impacto das mudanças climáticas sobre a germinação de sementes e o estabelecimento de plântulas?

O aquecimento global e as conseqüentes alterações nos sistemas climáticos mundiais são assuntos polêmicos debatidos extensivamente por especialistas. As previsões indicam que as principais alterações climáticas serão aumento na temperatura e decréscimo da queda pluviométrica, resultando em tempestades e ondas de calor extremas inesperadas em diversas regiões do planeta. Alterações nos padrões de temperatura e umidade impactam diretamente o desenvolvimento, a dispersão, a germinação das sementes, assim como a emergência, o desenvolvimento e o estabelecimento de plântulas. Além disso, as mudanças climáticas também terão impacto na formação de bancos de sementes no solo, nos padrões de dispersão e índices de distribuição das sementes de algumas espécies nos ecossistemas e nos padrões de ocorrência de doenças e pragas. As mudanças climáticas evidenciadas até o momento podem estar relacionadas a um aumento na ocorrência de algum tipo de dormência em grande número de espécies. Na agricultura, as mudanças climáticas poderão causar a limitação e o deslocamento de áreas de produção de muitas culturas importantes, e a conseqüente redução na produção e prejuízos ao agricultor.

6 Pragas de Sementes



*Abi Soares dos Anjos Marques
Denise Navia Magalhães Ferreira
Dilson da Cunha Costa
Eudes de Arruda Carvalho
Marcelo Silva Lopes
Márcio Martinello Sanches
Marília Silva
Marisa Álvares da Silva Velloso Ferreira
Norton Polo Benito
Tallyrand Moreira Jorcelino*

304 O que são pragas de sementes?

De acordo com a nomenclatura atual, o termo “praga” se refere a qualquer espécie, raça ou biótipo de planta, animal ou agente patogênico, nocivos a plantas ou produtos vegetais. Assim, todos os agentes etiológicos de doenças de plantas (fungos, vírus, nematoides, protozoários, bactérias, fitoplasmas e outros procariontes), insetos, ácaros e outros artrópodes que causam danos às sementes são considerados pragas. Portanto, “praga” é um termo mais abrangente, e não apenas os insetos e ácaros devem ser considerados pragas de plantas e, por consequência, pragas de sementes. Esse conceito é utilizado pela Convenção Internacional para Proteção dos Vegetais da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (CIPV/FAO) desde 1990 (International Plant Protection Convention, 2011). O Brasil é signatário dessa convenção e adotou oficialmente esse conceito.

305 Quais fungos-praga podem estar presentes em sementes?

Há muitas espécies de fungos-praga que podem estar associadas às sementes de plantas. Existem diversos fungos que prejudicam as sementes, como os fungos de armazenamento e os fungos fitopatogênicos.

306 O que são fungos fitopatogênicos e como eles afetam as sementes?

Os fungos fitopatogênicos são aqueles que, sob condições favoráveis, podem causar doenças em plantas. Nas sementes, os fungos fitopatogênicos podem reduzir a germinação, o vigor das plântulas e até inviabilizá-las, além de ser a via de infecção primária para as plântulas e plantas geradas por meio da germinação de sementes contaminadas. Eles podem estar presentes no campo e nas áreas de estocagem de sementes. Esse grupo de fungos é o

mais numeroso e danoso, podendo causar doenças nas plantas e considerável prejuízo.

307

O que são fungos de armazenamento e onde eles podem estar presentes?

Há fungos que sobrevivem e podem se multiplicar durante o período de estocagem das sementes e são denominados comumente de fungos de armazenamento. Quando as sementes são armazenadas em condições não adequadas (alta umidade, calor excessivo, etc.), esses fungos podem se proliferar, reduzindo a viabilidade e comprometendo a utilização das sementes para instalação de novos plantios. Como o próprio nome sugere, os fungos de armazenamento podem prejudicar as sementes (ou grãos) na fase de armazenamento e não demandam a planta viva para causar danos. As sementes acondicionadas em silos, sacarias ou mesmo de forma mais artesanal em recipientes adaptados podem sofrer pelo crescimento desse grupo de fungos.

308

Como os fungos fitopatogênicos podem estar associados às sementes?

Os fungos fitopatogênicos podem estar misturados às sementes na forma de estruturas de sobrevivência (forma de o fungo resistir às condições adversas) ou na forma de esporos (forma para sua dispersão). Escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary e de *Sclerotium rolfsii* (Sacc.) são exemplos típicos de fungos fitopatogênicos que se misturam às sementes. Outra forma de associação é a aderência, em que os patógenos, na forma de micélio ou esporos, estão ligados aos tecidos mais externos das sementes hospedeiras, comumente observada em doenças conhecidas como míldios e carvões. O caso de associação mais profunda é a contaminação interna das sementes, quando ocorre a colonização de tegumentos e tecidos mais internos das sementes,

podendo afetar o embrião; é também a forma mais difícil de ser detectada e controlada.

309

Por quanto tempo os fungos fitopatogênicos sobrevivem nas sementes?

O período de sobrevivência de fungos fitopatogênicos em sementes varia substancialmente em razão do grupo de fungos, da forma de associação, de condições de ambiente, entre outras. Assim, a curva de sobrevivência do inóculo de um fungo fitopatogênico pode sofrer reduções drásticas a partir das horas iniciais da deposição das estruturas dos fungos sobre as sementes, variando desde dias de viabilidade, na maioria das espécies ou grupos de fungos, até anos ou décadas para fungos que produzem estruturas especializadas na sobrevivência, como é o caso de *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary.

310

Quais são os principais danos causados quando os fungos se associam às sementes?

Os fungos de armazenamento podem reduzir a germinação e o vigor das sementes durante o período de estocagem e até matá-las, inviabilizando lotes inteiros para a semeadura, ou implicando redução da população inicial de plantas em lavouras. No entanto, o maior dano pode ser observado durante o desenvolvimento dos cultivos implantados a partir de sementes contaminadas por fungos fitopatogênicos, pois estes poderão constituir o inóculo inicial de uma epidemia em campo, levando a quedas de produtividade, gastos volumosos no controle da doença e, conseqüentemente, perdas ao produtor, à sociedade em geral e ao ambiente. Uma grande diversidade de doenças pode ser disseminada a partir de um inóculo presente em sementes contaminadas. Além disto, há de se destacar o risco de introdução de doenças de plantas em

áreas novas ou mesmo em regiões ou países por meio de sementes contaminadas. Assim, os prejuízos da introdução de um novo fungo são inestimáveis por danos diretos em cultivares e variedades que não são resistentes e não convivam com a praga. Outro impacto muito importante é aquele que advém de restrições comerciais e de trânsito da produção que possam ser impostos por autoridades competentes e parceiros comerciais quando há a introdução de nova praga em uma área anteriormente isenta.

311

Quais são os principais sintomas observados em plântulas produzidas a partir de sementes contaminadas por fungos fitopatogênicos?

Os sintomas podem ser desde o tombamento de plântulas, podridões radiculares e de colo, murcha de plantas ou partes dela, manchas foliares até más formações de frutos ou inflorescências.

312

É possível proteger as sementes contra os fungos fitopatogênicos?

Existem diversas formas para evitar a contaminação das sementes por fungos fitopatogênicos. A principal forma é controlar as doenças nos campos de produção de sementes para reduzir a pressão de inóculo nas plantas e a probabilidade de o fungo passar para as sementes. Outra forma é evitar as contaminações no beneficiamento das sementes ou no armazenamento, promovendo a limpeza e desinfestação a cada novo lote de sementes a ser processado e/ou armazenado. A forma mais tradicional de proteger as sementes é com o uso de tratamentos químicos, utilizando-se de agrotóxicos devidamente registrados para o alvo (fungo) e para as sementes da espécie. Em menor frequência, há o emprego de métodos biológicos e físicos para a redução do inóculo de fungos fitopatogênicos em sementes.

313

As bactérias causadoras de doenças nas plantas podem ser levadas, com as sementes, para as plantações em outras fazendas, estados ou mesmo para outros países?

As sementes são um excelente veículo para a dispersão de algumas bactérias que atacam as plantações. Assim, o trânsito de sementes contaminadas pode disseminar uma doença, tanto a curtas quanto a longas distâncias. Por exemplo, de uma fazenda a outra, se o agricultor adquire as sementes do vizinho para seu plantio; a distâncias maiores, quando a semente produzida em um estado é vendida em outro; pode mesmo ser levada de um país a outro, em lotes comerciais, ou em pequenas quantidades de sementes para pesquisa. A dispersão pode acontecer até mesmo de forma inadvertida, quando uma pessoa em viagem se interessa por uma planta ornamental ou uma hortaliça e leva a semente para o lugar onde mora.

314

Como as bactérias fitopatogênicas permanecem vivas nas sementes até que sejam plantadas e germinem?



Mesmo não podendo ser visualizadas a olho nu, as bactérias podem permanecer vivas interna ou externamente nas sementes por um bom tempo. Durante o amadurecimento e secagem das sementes, as células bacterianas entram em processo de dormência, em que o metabolismo das células é reduzido e elas param de se multiplicar. Bactérias fitopatogênicas não formam estruturas

de resistência (esporos), mas as células permanecem viáveis por muitos anos, voltando a se multiplicar e causar infecção no momento da germinação das sementes, quando a semente recebe umidade. Armazenamento em baixas temperaturas (5 °C a 10 °C) e baixa umidade (40% a 60% de umidade relativa do ar – UR) favorecem a

sobrevivência das bactérias fitopatogênicas presentes nas sementes, que, geralmente, sobrevivem pelo mesmo tempo em que o poder germinativo das sementes é mantido.

315

É possível saber se as sementes adquiridas para um plantio estão contaminadas por bactérias fitopatogênicas?

Sim. Existem testes diagnósticos que detectam a presença de bactérias e de outros microrganismos nas sementes com alto grau de confiabilidade. Assim, é possível conhecer a qualidade sanitária das sementes adquiridas antes do plantio. É importante considerar que a certificação de lotes de sementes, baseada somente na inspeção visual do campo de produção, não é suficiente. Os estudos demonstram que alguns patógenos bacterianos estão presentes em plantas sem sintomas e esses patógenos são transmitidos às sementes. Assim, é grande a importância de adquirir sementes certificadas por testes laboratoriais, ou seja, de fornecedores credenciados.

316

Se as sementes estiverem contaminadas por bactérias fitopatogênicas, é possível aplicar algum tratamento?

Sim. É possível tratar as sementes contaminadas por métodos químicos, físicos ou biológicos. O tratamento químico apresenta dificuldades referentes à fitotoxicidade de alguns produtos e dificuldade de penetração na parte interna das sementes. Além disso, para uso, os ingredientes ativos devem estar registrados no Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) para o tratamento de sementes da cultura. Como tratamento físico, temos a termoterapia, que consiste em eliminar a bactéria pelo calor e pode ser realizada com água quente, vapor arejado ou calor seco. O tratamento com calor seco pode eliminar bactérias das sementes de diversas culturas, incluindo tomate, arroz, centeio, abóbora e pepino. Tratamento com água quente a 50 °C–53 °C, por tempos que podem variar de poucos minutos a até uma hora, pode ser eficaz na eliminação de várias bactérias de sementes de hortaliças. O tratamento biológico

consiste na incorporação de agentes de biocontrole às sementes, os quais podem ser bactérias antagonistas à bactéria patogênica. Entretanto, o uso de sementes saudáveis ainda é a melhor forma de não trazer bactérias para sua plantação, pois as bactérias são “protegidas” pelas estruturas das sementes, o que reduz a eficácia de tratamentos.

317

Fazer um plantio com sementes portadoras de bactérias fitopatogênicas poderá causar muito prejuízo?

Sim, principalmente se os fatores climáticos forem favoráveis, por isso é muito importante usar sementes saudáveis no plantio.

As sementes contaminadas são fonte de inóculo primário para muitas bacterioses importantes das culturas alimentares e de fibras no mundo, bem como darão origem a plantas doentes que, por sua vez, transmitirão a doença para plantas saudáveis. A rápida disseminação no campo pode levar a epidemias, causando perdas na produção e impactos na disponibilidade de alimentos. A taxa de contaminação de sementes por bactérias fitopatogênicas é, normalmente, baixa. Entretanto, poucas sementes infestadas/infectadas em um lote podem causar uma epidemia no campo. Como exemplo disso, cinco sementes contaminadas em um total de 10.000 sementes de feijão – e na mesma proporção para brássicas – podem resultar em substancial redução na produção se as condições forem favoráveis ao desenvolvimento e dispersão do patógeno, como chuva e vento. Se for alto o nível de contaminação, a germinação das sementes pode ser fortemente afetada e pode haver redução no vigor das plântulas.

318

Se a plantação apresentar uma doença bacteriana, podem-se usar os grãos colhidos para consumo como alimento?

Sim. Os grãos colhidos podem ser usados para consumo, pois, normalmente, passarão por algum tipo de processamento, como o

cozimento que eliminará as bactérias. Além disso, a grande maioria das bactérias patogênicas às plantas não afetam o homem nem os animais.

319 O que são vírus e como ocorre sua transmissão por sementes?

Os vírus são patógenos infecciosos parasitas (causam doença em um organismo hospedeiro), não celulares (são apenas moléculas que resistem no ambiente por tempo variável fora da célula do hospedeiro, porém, sem se multiplicar no ambiente), com material genético (genoma) composto por RNA ou DNA, envolvidos por capa proteica e, às vezes, também por envelope lipoproteico para proteção contra sua destruição no ambiente e no hospedeiro.

320 Como ocorre a transmissão de vírus por sementes?

Vírus de plantas raramente podem ser transmitidos por sementes, sendo, em geral, transmitidos por outros materiais propagativos (como tubérculos, estacas, enxertos, bulbos, mudas), por vetores que se alimentam das plantas (como insetos, ácaros, fungos e nematoides), bem como transmitidos de modo mecânico (por ferimentos dos tecidos vegetais feitos por instrumento de poda, por exemplo). A transmissão de vírus por sementes é rara na natureza e ocorre sabidamente com apenas cerca de uma centena de espécies virais. A taxa de transmissão em geral é menor que 50% das sementes, e muitos vírus, apesar de infectarem as sementes no início de seu desenvolvimento, são eliminados durante o processo de maturação das sementes por mecanismos fisiológicos pouco compreendidos. A capacidade de transmissão por sementes é específica para cada par de vírus-hospedeiro: em algumas espécies de plantas, a transmissão viral se restringe a algumas cultivares daquela espécie botânica hospedeira. Ocorre, também, considerável variação na taxa de transmissão por sementes de diferentes estirpes (variantes) de uma mesma espécie viral para suas plantas hospedeiras. A transmissão de

vírus por sementes para uma nova plântula durante a germinação da semente pode ocorrer: 1) por meio de vírus aderido à superfície externa da semente; ou 2) por meio da entrada prévia de vírus no embrião no início da formação da semente. No primeiro caso, de vírus presente fora da semente, a infecção da nova plântula é rara, pois, em geral, os vírus não são viáveis no ambiente por longos períodos e porque nem sempre há aberturas (como ferimentos) para a infecção mecânica da nova plântula. No segundo caso, de vírus presente dentro da semente (no embrião), a infecção da nova plântula (embrião que germina) é rara, pois existem variadas barreiras físicas e biológicas que impedem tanto os vírus presentes nos órgãos (folhas, frutos, flores, caule, raízes) da planta-mãe quanto os vírus presentes no pólen da planta-pai de alcançar o embrião em formação dentro da semente.

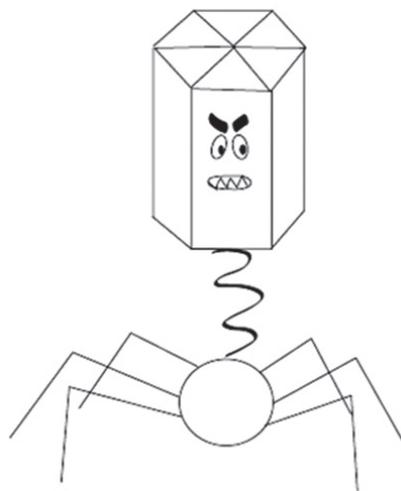
321 Quanto tempo os vírus ficam viáveis nas sementes?

Os vírus permanecem viáveis (continuam infecciosos) na superfície exterior das sementes por tempo variável, até que fatores ambientais – como calor, frio, radiação ultravioleta do sol ou certos tipos de iluminação artificial, baixa umidade atmosférica, agentes químicos sanitizantes (ex. detergentes, álcool 70%, solução de água sanitária), dentre outros fatores ambientais – os destrua, inativando sua capacidade de causar infecção e doença nas sementes. Já a longevidade dos vírus nos tecidos da parte interna das sementes maduras (como no embrião) pode variar de meses até anos, dependendo da espécie vegetal, da espécie viral e das condições ambientais de temperatura e umidade no armazenamento das sementes.

322 Como saber se as sementes estão infectadas por vírus?

São incomuns sintomas em sementes infectadas por vírus, embora alguns vírus causem sintomas característicos, como a

mancha-café em sementes de soja causada pelo vírus do mosaico da soja (*Soybean mosaic virus – SMV*). Todavia, é frequentemente possível observar sintomas indicativos de infecção viral na planta desenvolvida alguns dias após a germinação da semente originalmente infectada por vírus. Entre esses sintomas, os mais comuns na parte aérea vegetal (como folhas, flores, frutos e caule) são o mosaico (manchas, em geral, amarelas nos tecidos verdes), a clorose (amarellecimento geral dos tecidos verdes), as manchas anelares (manchas em formato de anéis), as manchas necróticas (manchas escuras de tecido morto), a necrose de tecidos (tecidos mortos), a epinastia foliar (encurvamento das bordas das folhas), as deformações foliares (folhas enrugadas, enroladas, dobradas, encarquilhadas ou com outra malformação anatômica), o nanismo da planta e encurtamento dos entrenós do caule (planta de porte anormalmente pequeno), o avermelhamento/arroxamento dos tecidos verdes, o clareamento das nervuras. Além desses sintomas, os vírus presentes em sementes podem ser identificados inequivocamente por testes laboratoriais imunológicos (que detectam proteínas de vírus específicos) e moleculares (que detectam parte do material genético, RNA ou DNA, de vírus específicos) em tecidos vegetais infectados, quer nas sementes em pré-germinação, quer em tecidos (folhas, tubérculos, flores e outros) nas plantas pós-germinação da semente infectada por vírus.



323 É possível eliminar vírus das sementes?

Os vírus presentes na superfície externa das sementes podem ser eliminados de forma eficiente quando destruídos ou inativados por tratamentos físicos e químicos nocivos aos vírus e inócuos à

semente, como por calor, frio, luz ultravioleta, fermentação e agentes químicos sanitizantes (como detergentes, álcool 70%, solução de água sanitária, etc.). No entanto, a inativação de vírus presentes no interior das sementes por agentes físicos ou químicos, em geral, é ineficaz e no máximo diminui a quantidade de partículas de vírus viáveis, sem inativá-los completamente. Alternativamente, é possível eliminar vírus presentes no embrião da semente por meio do cultivo laboratorial *in vitro* de fragmentos não infectados do embrião, que podem regenerar novas plantas totalmente livres de vírus. Esse processo de eliminação de vírus por cultivo *in vitro*, denominado de limpeza clonal por cultura de tecidos do embrião da semente, é laborioso, oneroso e somente pode ser realizado em condições laboratoriais para recuperar sementes raras, de espécies em risco de extinção ou em condições similares, não sendo esse um procedimento-padrão rotineiro para sementes comerciais. Portanto, o melhor controle de vírus transmitidos por sementes é o preventivo, baseado no uso de sementes e outros materiais propagativos vegetais certificadamente livres de vírus, no manejo integrado que previna infecção das sementes e promova a saúde vegetal (controle dos vetores e de plantas invasoras hospedeiras, manejo da irrigação, rotação de culturas, adubação equilibrada, etc.); na erradicação e na destruição de plantas doentes sintomáticas que são fonte de contaminação potencial de plantas saudáveis; no cultivo de plantas geneticamente resistentes a viroses e/ou vetor (geneticamente modificadas ou convencionais).

324

Que impactos os vírus transmitidos por sementes causam à agricultura?

O intercâmbio de sementes e outros materiais propagativos vegetais é o principal responsável pela disseminação dos vírus de plantas para novas áreas a longas distâncias. Entre os impactos diretos de viroses transmitidas por sementes na produção agrícola, citam-se a redução de produtividade das espécies cultivadas, a perda da qualidade dos produtos agrícolas (frutos comestíveis, grãos, fibras

têxteis, flores ornamentais, tubérculos comestíveis, sementes, etc.) e a perda da longevidade de culturas perenes, como café e citros. Por sua vez, entre os impactos indiretos na produção agrícola, citam-se os aspectos socioeconômicos, como a descapitalização do produtor, a diminuição da oferta de produtos agrícolas no mercado, a diminuição da geração de trabalho e renda e as restrições/ fechamentos de mercados de exportação-importação, em caso de vírus impactantes ausentes no país importador.

325 Existe quarentena de vírus transmitidos por sementes?

Sim. No Brasil, existe quarentena contra os vírus de plantas quarentenários transmitidos por sementes, regulamentados como ausentes no país, segundo a Instrução Normativa (IN) nº 39/2018 (Brasil, 2018b). Vírus quarentenários são aqueles para os quais não há nenhum relato oficial nem científico comprovado de ocorrência no país, sendo, portanto, considerado ausente. Excepcionalmente, quando determinado vírus, transmissível por sementes, está presente fora do país, mas há relato oficial científico comprovado de ocorrência restrita não generalizada em regiões específicas dentro do país, o vírus, em questão, pode ser considerado quarentenário presente. No caso do Brasil, os vírus de planta quarentenários (ausentes no país ou presentes de forma restrita no país) são regulamentados pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa), Pecuária e Abastecimento (Mapa), segundo as IN nº 38 e nº 39, de 1º de outubro de 2018 (Brasil 2018a, 2018b), presentemente em vigor e periodicamente atualizada. Entre os vírus vegetais quarentenários regulamentados pela supramencionada IN do Mapa, há três espécies de vírus de planta ausentes no Brasil, elencados como prioritários por seu alto potencial de impactos negativos na agricultura nacional em caso de introdução no país, a saber: vírus do mosaico africano da mandioca (*African cassava mosaic virus – ACMV*), que infecta mandioca; vírus da varíola da ameixa (*Plum pox virus – PPV*), que infecta pessegueiro e ameixeira; e vírus da mancha anular do tomate (*Tomato ringspot virus – ToRSV*), que infecta várias espécies vegetais

frutíferas e hortaliças, além do tomateiro. Entre esses vírus vegetais quarentenários ausentes prioritários, PPV e ToRSV são transmitidos por sementes. Por isso, a importação de sementes e outros materiais propagativos (mudas, estacas, bulbos, etc.) certificadamente livres de vírus é impactante para a segurança fitossanitária da agricultura nacional.

326

Quais os danos causados por fitonematoides transmitidos por semente?

A associação de fitonematoides às sementes utilizadas no plantio representa impacto significativo no estande, no desenvolvimento das plantas, na produção de sementes, na persistência das plantas no campo. Em casos específicos como as forrageiras, fitonematoides afetam o desenvolvimento destas, interferindo na alimentação de animais e, conseqüentemente, na produção de leite e carne. Além disso, a presença de fitonematoides nas sementes constitui entrave para a exportação e importação, afetando o mercado brasileiro e internacional.

327

Quais são os gêneros de fitonematoides mais importantes transmitidos por sementes durante o intercâmbio vegetal?

De uma maneira geral, os nematoides transmitidos por sementes seriam aqueles que parasitam órgãos da parte aérea das plantas. Entre eles, os mais importantes são os causadores da ponta branca das folhas do arroz [*Aphelenchoides besseyi* (Christie, 1942)], amarelão ou enfezamento do alho e da cebola [*Ditylenchus dipsaci* (Kühn, 1857)] e apodrecimento de sementes de trigo [*Anguina tritici* (Steinbuch, 1799) Chitwood, 1935], que podem ser encontrados no interior das sementes, ou aqueles que podem estar associados a elas, como os nematoides de cistos causadores do nanismo da soja [*Heterodera glycines* (Ichinohe, 1952)] e da batata [*Globodera rostochiensis* (Wollemweber, 1923) e *G. pallida* (Stone, 1973)].

Como prevenir a transmissão de fitonematoides por meio das sementes?

A melhor forma de prevenir a transmissão de fitonematoides para áreas isentas desses patógenos é a utilização de sementes saudáveis. As sementes saudáveis devem ser oriundas de áreas livres de fitonematoides. A importação e exportação de sementes requer cuidado com fitonematoides de alguns gêneros, entre os quais se destacam os do gênero *Anguina*, pois algumas das espécies são quarentenárias para o Brasil. *Anguina agrostis* (Steinbuch, 1755) Filipjev, 1936; *A. pacificae* Cid del Prado Vera & Maggenti, 1984 e *A. tritici* (Steinbuch, 1799) Chitwood, 1935, estão na lista de nematoides quarentenários ausentes de acordo com o Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa). A entrada desses nematoides certamente seria uma catástrofe para agricultura brasileira, pois são parasitas da maioria das culturas cultivadas no território brasileiro.

Como sobrevivem e por quanto tempo permanecem viáveis os fitonematoides em sementes?

Os fitonematoides podem sobreviver em estado de dormência temporária, como o de anidrobiose (ausência de umidade) ou outros estados extremos que permitem sua prolongada sobrevivência em condições de temperaturas negativas ou de alta salinidade. *Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942, conhecido como o “nematóide da ponta branca do arroz”, tem a habilidade de sobreviver alimentando-se de fungos presentes no solo, ou, ainda, de utilizar o recurso de anidrobiose: mecanismo que garante sua sobrevivência em sementes por períodos longos, que podem chegar até 3 anos. *Ditylenchus dipsaci* (Kuhn, 1857) Filipjev, 1936, conhecido como nematóide dos bulbos e caules ou nematóide do amarelão do alho, é uma ameaça constante em cultivos de cebola e alho, por causa de sua ocorrência e disseminação estar associada

ao material propagativo (sementes de cebola e bulbilhos de alho semente), em que ele permanece em dormência e desidratação com paralisação de suas atividades de alimentação, reprodução e movimentação, até que condições ideais voltem a ocorrer de modo a restabelecer todas as atividades vitais do patógeno. Nematoides alojados em fragmentos de tecidos, sementes ou solo resistem melhor às condições adversas, desde congelamento até extrema seca, por longos períodos. O conhecimento da capacidade de sobrevivência dos nematoides é de grande importância para entender fenômenos de epidemias e dispersão de nematoides sob condições de adversidade ambiental.

330

Qual o período necessário para que os fitonematoides retomem suas atividades?

O período necessário para a plena retomada de atividades por fitonematoides que ingressaram em estado de dormência após cessar o estresse pode variar. O modo como se dá a retomada do metabolismo e a reidratação corporal nos nematoides em anidrobiose é importante e pode ser determinante na sobrevivência, ou não, do espécime. Por exemplo, os juvenis J4 de *Ditylenchus dipsaci* (Kuhn, 1857) Filipjev, 1936 e os juvenis J2 de *Anguina tritici* (Steinbuch, 1799) podem recobrar plenas atividades vitais imediatamente mediante simples imersão em água, mas *Aphelenchus avenae* Bastian, 1865 já requer um período mais longo, necessitando que a reidratação do corpo seja gradual e feita em ambiente com 100% de umidade relativa.

331

Como e quando o tratamento de sementes contra fitonematoides é empregado com sucesso?

Além do princípio da exclusão (impedir que o nematoide seja levado por sementes a áreas isentas do patógeno), o tratamento de sementes contra fitonematoides envolve alguns princípios básicos de controle:

- Erradicação que promove a eliminação ou redução dos nematoides presentes no interior ou associados às sementes.
- Proteção com a aplicação de medidas de controle que promovam a germinação e o desenvolvimento das plantas no início do plantio.

O nematoide pode estar presente em mistura com a semente em alguma fração impura do lote, podendo estar aderido à superfície da semente ou em seu interior, seja em camadas mais externas da semente, seja até mesmo em camadas associadas ao embrião. As chances de transmissão são maiores quando a estrutura do nematoide se encontra localizada no interior da semente. Portanto, a depender da finalidade de utilização dessas sementes – para pesquisa ou plantio comercial –, o tratamento de sementes é aplicado sob diferentes formas com sucesso. O tratamento de sementes para erradicação de fitonematoides envolve basicamente dois métodos:

- O controle físico, utilizando-se água em temperaturas entre 55 °C e 56 °C por 10–15 minutos, ou, ainda, água à temperatura ambiente por 24 horas, seguida de água quente em torno de 51 °C a 53 °C por 15 minutos.
- O controle químico com a utilização de nematicidas. O tratamento tem o objetivo de suprimir os nematoides durante as primeiras semanas após a sementeira, diminuindo a penetração, protegendo as plântulas e permitindo um desenvolvimento adequado do sistema radicular. As plantas que conseguem ter um desenvolvimento inicial vigoroso de suas raízes têm a capacidade de resistir melhor ao ataque dos nematoides.

332 Como saber se um inseto é praga de sementes?

O fato de se encontrar um inseto em sementes não significa que esse inseto esteja causando algum dano. Os insetos que causam

danos são os que se alimentam das sementes, e, geralmente, é encontrado mais de um indivíduo da espécie. Os sinais de ataque de insetos são vistos como buracos ou danos superficiais nas sementes, com mudanças na coloração e presença de fezes na forma de um pó com coloração variável. Também é comum ser observada a presença de outros contaminantes como fungos e ácaros, que são favorecidos pela presença dos insetos no material. Quanto maior o número de insetos que estão se alimentando das sementes mais facilmente observaremos esses sinais. Algumas espécies de insetos só atacam sementes que já estejam danificadas por outros insetos.

333

Existem muitos insetos e ácaros que podem causar danos em sementes?

No mundo são relatadas mais de 600 espécies de insetos e ácaros que podem causar danos às sementes ou grãos. Os dois principais grupos de insetos causadores de perdas nas sementes são os coleópteros, conhecidos popularmente como besouros, e os lepidópteros, conhecidos como as traças, cujos adultos são pequenas mariposas.

334

Em quais condições de armazenamento os insetos e ácaros causam danos às sementes?

As condições do ambiente de armazenamento de sementes com pouca luz e temperatura entre 25 °C e 38 °C e a umidade presente nas sementes favorecem o desenvolvimento de insetos que atacam sementes. Nas condições adequadas, insetos podem levar de 3 a 4 semanas para completar seu desenvolvimento. A capacidade de crescimento da população é muito grande, pois uma fêmea pode colocar de 100 a 1.000 ovos, causando a contaminação rápida de grandes quantidades de sementes na situação de armazenamento por um tempo maior. Já os ácaros de

produtos armazenados são favorecidos pela alta umidade relativa do ar (UR) e pelas altas temperaturas. A UR intergranular (entre as sementes) entre 70% e 90% são ideais para o desenvolvimento e reprodução dos acarídeos, propiciando o rápido aumento das populações. Portanto, a ventilação/aeração dos lotes de sementes e o controle de temperatura (se possível abaixo de 20 °C) são fatores-chaves para evitar a proliferação desses ácaros. Porém, mesmo quando as condições ambientais não são favoráveis ao desenvolvimento das populações dos ácaros-praga, estes podem sobreviver sob condições adversas. Muitas espécies apresentam formas de desenvolvimento com adaptações para sobreviver a condições ambientais desfavoráveis (como baixa umidade, extremos de temperatura ou escassez de alimento).

335 Os insetos e os ácaros podem atacar mais de um tipo de semente?

Sim, a maior parte dos insetos e ácaros que atacam sementes podem atacar sementes de várias espécies vegetais e muitos podem atacar outros materiais armazenados, como rações e alimentos processados (farinhas, macarrão, grãos para alimentação, etc.).

336 Como as sementes podem ser contaminadas pelos insetos?

Os insetos podem vir do campo com as sementes colhidas ou de grãos armazenados e outros produtos processados que estejam armazenados próximos ao local de armazenamento das sementes.

337 O que se pode fazer para evitar a contaminação das sementes por insetos?

As sementes devem ser guardadas em ambientes protegidos para impedir que os insetos possam chegar caminhando ou voando até elas. Quando as sementes são produzidas pelo produtor para

serem usadas em uma próxima safra, ele deve tomar cuidados especiais na escolha do local de armazenamento, com uma limpeza prévia do ambiente, e na escolha de recipientes (vasilhas ou sacos) limpos e resistentes que possam ser vedados. Antes de guardar as sementes nos recipientes, realiza-se uma busca por possíveis insetos-praga mediante um peneiramento em parte do material. Deve-se vistoriar, durante o período de armazenamento, a área onde as sementes estão guardadas, procurando por sinais indicativos de alguma contaminação, bem como realizar ações de controle quando necessário.

338

Existem tratamentos que podem ser feitos para eliminar insetos e ácaros em sementes?

Sim. Há tratamentos químicos que podem ser feitos para eliminar contaminações existentes e tratamentos para prevenir contaminações. Vale ressaltar que os ovos de ácaros de produtos armazenados podem ser extremamente resistentes a tratamentos químicos (especialmente aos tratamentos fumigantes, como fosfina), sendo necessário repetir o tratamento com intervalo de uma semana para garantir completa desinfestação do lote.

339

Existem insetos que não estão presentes no Brasil que atacam sementes?

Sim. Por esse motivo, quando um agricultor tem interesse em importar sementes de outro país ou região, ele deve procurar os órgãos municipais, estaduais ou federais ligados à agricultura, solicitando informações sobre a legislação e as normas estabelecidas pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) para que ele possa realizar esse transporte de material. A entrada de uma nova espécie-praga que não exista no país pode ocasionar sérios problemas para a agricultura nacional, afetando tanto os agricultores como os consumidores.

340

Quais os tipos de ácaros podem ser encontrados em sementes?

Os ácaros encontrados em sementes estão entre os conhecidos como “ácaros de produtos armazenados”. Estes ácaros podem apresentar hábitos extremamente variados, alimentando-se das sementes propriamente ditas, mas também de fungos e de matéria orgânica em decomposição. Além disso, podem predar ou parasitar outros ácaros ou insetos associados às sementes. Tanto os ácaros que se alimentam das sementes quanto aqueles que se alimentam de fungos e detritos podem causar danos diretos ou indiretos, podendo ser considerados “ácaros-praga”. Estes ácaros-praga de produtos armazenados são em sua maioria acarídeos e glicifagídeos.

341

Como podemos detectar os ácaros em sementes?

Por causa do reduzido tamanho dos ácaros de sementes armazenadas, os quais, em sua maioria, são menores que 1 mm de comprimento, a detecção deles é mais complicada que a dos insetos, sendo difícil sua visualização a olho nu. Para a visualização dos ácaros, recomenda-se a utilização de uma lupa de mão ou de um estereoscópio. Para a inspeção acarológica, uma amostra das sementes pode ser colocada sobre uma bandeja ou sobre uma placa. Quando o tamanho das sementes permite, peneiram-se as sementes sobre uma bandeja ou placa e inspecionar o material depositado sobre a superfície com o auxílio da lupa. Os ácaros-praga são normalmente de movimentação lenta, tegumento brilhante, e de coloração esbranquiçada ou amarronzada. Distintamente os ácaros predadores normalmente são de movimentação mais rápida, e, em sua maioria, de tegumento opaco e coloração amarronzada.

342

Quais os danos que os ácaros podem causar às sementes?

Algumas espécies de ácaros podem se alimentar do embrião das sementes, o qual consiste na parte mais nutritiva e proteica,

levando à inviabilidade das sementes, com uma perda significativa na taxa de germinação. Além desse dano direto, os diversos grupos de ácaros associados às sementes, em especial aqueles de hábito alimentar fungívoro ou detritívoro, podem disseminar patógenos nos lotes de sementes. Os excrementos e os detritos resultantes das infestações dos ácaros podem também favorecer o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, como fungos.

343

Como as sementes podem ser contaminadas pelos ácaros e como evitar a contaminação?

A maioria dos ácaros de produtos armazenados estão associados a ninhos de aves, roedores, ou mesmo a insetos. Os ácaros podem também contaminar sementes a partir de um lote já infestado, por caminharamento ou por meio de dispersão por insetos, aderidos ao corpo destes, num processo conhecido como “forese”. Portanto, a limpeza dos locais onde as sementes são armazenadas e a eliminação/tratamento dos lotes infestados por insetos são cuidados fundamentais para evitar a infestação de sementes por ácaros.

344

Quais os danos que os fungos de armazenamento associados às sementes podem ocasionar nas pessoas e nos animais?

Os fungos de armazenamento podem conter toxinas (micotoxinas), que, uma vez ingeridas pelo homem, podem levar a problemas digestivos, como ocorre com a aflatoxina produzida por *Aspergillus* sp., ou mesmo a intoxicações mais severas relatadas em casos de infecções em sementes por *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul., que produz escleródios com inúmeros e intensos alcaloides. Portanto, sementes danificadas por fungos de armazenamento, cuja utilização em plantios esteja comprometida, podem abrigar fungos e substâncias por eles produzidas e não devem ser utilizadas para o consumo humano. Eles podem causar alergias e outros problemas de saúde em humanos e animais.

345

Vírus vegetais presentes nas sementes podem infectar animais e humanos?

Não. Vírus vegetais presentes no exterior (superfície) ou no interior (embrião) das sementes são capazes de infectar e se multiplicar (replicar) apenas em seus hospedeiros vegetais e, ocasionalmente, também em seus vetores (transmissores), em geral insetos, ácaros, fungos ou nematoides, causando ou não doenças nesses vetores. No entanto, vírus de plantas presentes no exterior ou interior de sementes não são capazes de se multiplicar nem causar doença em nenhum organismo não hospedeiro, nem em humanos, nem em animais vertebrados, nem em animais invertebrados não vetores. Portanto, não é possível ocorrer infecção por vírus vegetais em humanos ou animais em circunstância alguma, nem mesmo pela alimentação de sementes (ou outras formas vegetais) contaminadas por vírus de planta. O contágio viral de humanos e animais por alimentação de sementes (e outros vegetais) só ocorre se a espécie viral for um vírus humano ou animal capaz de infectar o hospedeiro em questão. Portanto, uma pessoa nunca será infectada por um vírus de planta, assim como uma planta jamais será infectada por um vírus humano.

346

Os ácaros associados às sementes podem causar problemas à saúde humana?

Sim. Alguns ácaros associados a sementes podem causar problemas à saúde das pessoas que as manuseiam ou que transitam no ambiente onde tais sementes estão armazenadas. Algumas espécies de ácaros que ocorrem em sementes (e de forma geral em produtos armazenados) produzem alergênicos que podem causar problemas respiratórios, como asma ou rinite, de forma similar aos ácaros da poeira domiciliar. Outro problema, não raro, é causado pelos ácaros comumente conhecidos como ácaro pruriginoso da palha, os quais são parasitas de insetos que infestam as sementes. Apesar desses ácaros não causarem danos às sementes, podem

causar desde um leve prurido até uma dermatite severa às pessoas que manuseiam as sementes.

347 Como é feito o serviço quarentenário no País?

O serviço de quarentena vegetal no Brasil é realizado por estações quarentenárias públicas e privadas credenciadas pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa), onde há condições controladas de cultivo vegetal (como estufas com segurança biológica), estrutura laboratorial e especialistas (virologistas, para o caso de vírus). Tais estações rastreiam amostras vegetais importadas por presença de vírus (além de outras pragas agrícolas quarentenárias, como fungos, bactérias e insetos, entre outras), a fim de impedir a entrada de vírus (entre outras pragas agrícolas), pragas agrícolas regulamentadas como ausentes no País. Se vírus vegetais (ou outras pragas agrícolas) quarentenários, transmissíveis ou não por sementes, forem detectados pela estação quarentenária credenciada, a amostra vegetal importada correspondente (maioria das vezes, sementes) é destruída por incineração, segundo recomendação do Mapa. Caso contrário, a amostra vegetal importada é liberada para o uso para o qual foi declaradamente importada, por exemplo, pesquisa científica, cultivo e outros. Nas dependências da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, localizada em Brasília, DF, há uma estação quarentenária vegetal credenciada para análise de sementes e outros materiais propagativos vegetais importados para fins de pesquisa científica no Brasil. Estações quarentenárias vegetais presentes no Brasil também podem ser credenciadas para análise de exportação de sementes e outros materiais vegetais propagativos livres de pragas agrícolas quarentenárias regulamentadas como ausentes nos países de destino.

Referências

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 38, de 1º de outubro de 2018. **Diário Oficial da União**: seção 1, edição 190, p. 14, 2 out. 2018a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 39, de 1º de outubro de 2018. **Diário Oficial da União**: seção 1, edição 190, p. 11-14, 2 out. 2018b.

INTERNATIONAL PLANT PROTECTION CONVENTION – 1997. **FAO**, 2011. 18 p. Disponível em: <https://www.ippc.int/en/publications/131/>. Acesso em: 25 Apr. 2021.

7

Biotecnologia



*Diva Maria de Alencar Dusi
Júlio Carlyle Macedo Rodrigues
Vera Tavares de Campos Carneiro*

348

Como a biotecnologia vegetal pode contribuir para a agricultura?

A biotecnologia, integrada ao melhoramento genético, contribui para a produção de sementes e plantas de melhor qualidade, com maior resistência a pragas e tolerância a estresses bióticos e abióticos, entre outros. Para isso, são utilizadas técnicas como cultura *in vitro*, resgate de embriões, duplicação do número de cromossomos, mutagênese, transgenia, biologia sintética, marcadores moleculares.

349

Quais são as contribuições da biotecnologia ao sistema de produção de sementes?

A biotecnologia fornece meios para identificar variedades e pureza das sementes, para detectar precocemente doenças com métodos moleculares, bioquímicos e celulares. Os métodos celulares, como cultura de tecidos, também são empregados no auxílio ao controle e erradicação de doenças transmitidas via sementes. Além disso, podem ser utilizados como agentes de controle biológico, na técnica de microbiolização de sementes, alguns microrganismos como *Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp. e fungos que protegem as sementes e as plântulas de várias pragas (patógenos, insetos, ácaros e nematoides). Ademais, a biotecnologia contribui com a oferta de sementes com características melhoradas via transgenia e biologia sintética (ver Perguntas e Respostas nº 364 a nº 368).

350

Quais são os métodos utilizados na detecção de doenças transmitidas por sementes?

Os métodos vão desde o exame visual das sementes ou plântulas germinadas *in vivo* ou *in vitro* até as técnicas sorológicas ou moleculares. Esses métodos devem ser rápidos e simples de implementar, robustos, sensíveis e de custo reduzido e, principalmente, devem ser específicos para os patógenos.

Os métodos mais utilizados são a detecção feita por germinação de sementes e por testes moleculares, realizados em amostras de sementes ou plântulas, que são mais sensíveis. Entretanto, as técnicas moleculares só estão disponíveis para um número limitado de pragas, geralmente as mais importantes. Como exemplo de métodos baseados na reação antígeno-anticorpo, há o diagnóstico feito pelo método ELISA (do inglês, *enzyme-linked immunosorbent assay*), que detecta a presença de proteínas específicas numa amostra, e aqueles baseados em reação em cadeia da polimerase (do inglês, *polymerase chain reaction enzyme-linked* – PCR), que detecta fragmentos específicos de ácidos nucleicos, DNA ou RNA.

351

Como são os métodos de germinação in vitro para detecção de patógenos?

Nestes métodos, a semente, após desinfecção superficial, é inoculada em um meio de cultivo in vitro para que germine. Os patógenos existentes podem crescer nesse meio de cultivo. Assim, o patógeno pode ser isolado e identificado de acordo com suas características morfológicas e bioquímicas ou de crescimento em cultura. Esse método tem limitações, como:

- Algumas bactérias e fungos parasitas podem não crescer em meio de cultura e, portanto, não serem detectados.
- A presença de possíveis contaminantes de sementes, como os organismos saprófitas (que não são patógenos e crescem bem no meio de cultivo), interfere na análise dos patógenos. Para inibir ou retardar o crescimento dos organismos saprófitas, favorecendo o crescimento do patógeno, são utilizados meios de cultivo seletivos, que contêm antibióticos, fungicidas, fontes de carbono e nitrogênio.

352

Como é realizada a detecção de patógenos por ELISA?

O ELISA é um teste sorológico que não necessita do isolamento do patógeno. Nesse teste, a amostra com o patógeno é detectada por

um complexo antígeno-anticorpo que contém um anticorpo com um marcador enzimático. Estando o antígeno presente, o anticorpo marcado se associa ao complexo e, na presença do substrato, produz uma reação enzimática que resulta em uma coloração distinta. A coloração depende do tipo de marcador do conjugado. Como suporte, podem ser utilizadas placas ou membranas. Esse teste é muito utilizado para detectar vírus, bactérias e fungos de plantas e depende da disponibilidade de anticorpos para o patógeno em questão. Ele é rotineiramente usado na detecção de vírus em sementes (Figura 9).

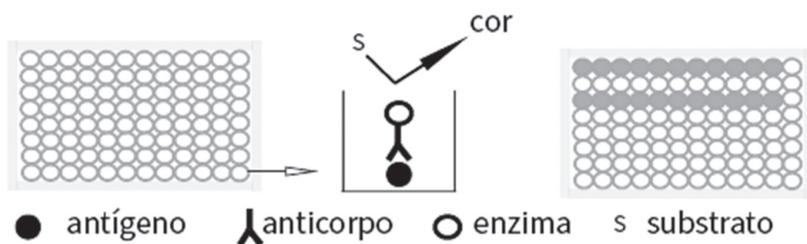


Figura 9. Representação esquemática do teste direto de ELISA feito em placas com 98 poços.

353

Como é realizada a detecção de patógenos por reação em cadeia da polimerase?

A reação em cadeia da polimerase (PCR) se baseia na amplificação de ácidos nucleicos com a utilização de iniciadores específicos para o pareamento com sequências de DNA ou RNA específicas do patógeno, e enzimas que permitem a extensão das cadeias das sequências. Se o patógeno estiver na amostra, ocorrerá a polimerização, e o fragmento de ácido nucleico poderá ser detectado. É um teste rápido, bastante específico e sensível (Figura 10). Entretanto, a presença de compostos fenólicos, taninos e outros na amostra pode inibir a reação de PCR, tornando necessária a extração de ácidos nucleicos, o que aumenta a complexidade

e a duração do teste. Baseadas em PCR, outras técnicas foram desenvolvidas para a detecção de patógenos: BIO-PCR, IMS-PCR, MCH-PCR, Real time PCR.

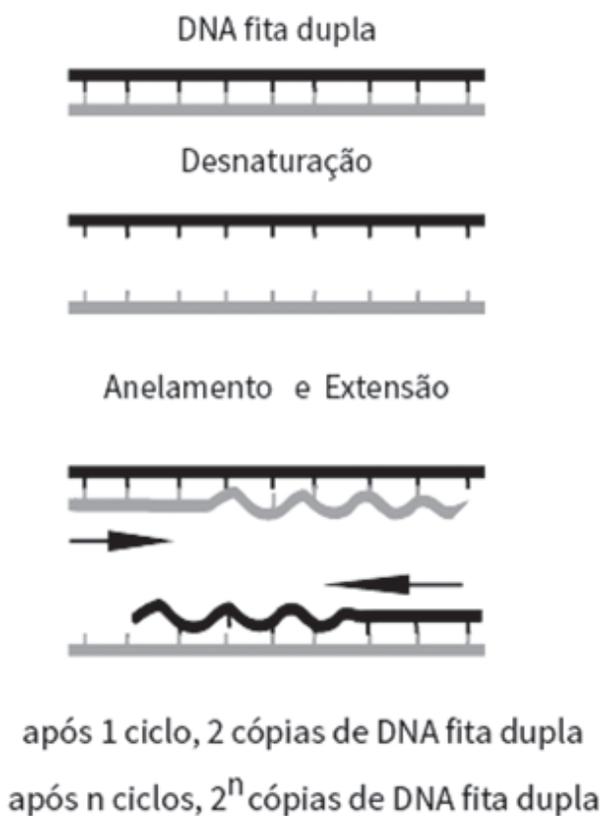


Figura 10. Representação esquemática de reação em cadeia da polimerase (PCR).

Ilustração: Diva Maria de Alencar Dusi; Júlio Carlyle Macedo Rodrigues.

354 Em que consiste a cultura in vitro?

Cultura in vitro é a cultura de tecidos e células realizada a partir de um fragmento da planta que queremos cultivar, um explante. Esse

fragmento pode ser um tecido ou órgão da planta. Essas técnicas permitem, entre outros, a regeneração a partir de tecidos somáticos de plantas, incluindo suas sementes para a obtenção e propagação de clones (plantas idênticas). Permite também a limpeza clonal a partir de meristemas apicais das sementes, bem como o resgate de embriões das sementes imaturas. A cultura in vitro é uma etapa essencial para utilização dos métodos de engenharia genética para o melhoramento de plantas.

355 Todas as plantas podem ser cultivadas in vitro?

Em princípio, todas as plantas podem ser cultivadas in vitro, mas o método de cultura e regeneração e o tecido de origem devem ser estabelecidos experimentalmente para cada genótipo de interesse. Algumas plantas, por razões desconhecidas, são mais recalcitrantes, ou seja, resistentes à regeneração in vitro, do que outras. Em plantas com limitação da produção de sementes, essa técnica é interessante, uma vez que muitas plantas podem ser multiplicadas e mantidas in vitro.

356 Qual a aplicação da cultura in vitro no melhoramento de plantas?

A cultura in vitro, ou cultura de tecidos, é bastante utilizada no melhoramento vegetal, por causa de suas várias aplicações. Ela amplia a possibilidade de propagar vegetativamente um número grande de amostras, como também é utilizada na manutenção de coleções, intercâmbio e avaliação de germoplasma e na eliminação de patógenos. Mesmo a produção de mudas livres de vírus, que podem ser transmitidos via semente, é obtida por cultura in vitro, usando-se como explantes meristemas isolados da planta de interesse. A cultura de tecidos é usada também no resgate de embriões, fertilização in vitro, alteração da ploidia pela produção de plantas haploides ou de plantas duplicadas, produção de mudas via semente sintética e transformação de plantas.

Como a alteração do nível de ploidia das plantas pode auxiliar o melhoramento vegetal?

A ploidia dos progenitores de uma planta pode influenciar no melhoramento vegetal, pois influencia na compatibilidade do cruzamento. A ploidia de uma planta é definida como o número de conjunto de cromossomos numa célula. As plantas haploides têm um conjunto de cromossomos, enquanto as diploides têm dois conjuntos. Técnicas de cultura de tecidos podem ser utilizadas para a obtenção de plantas haploides, duplo-haploides ou plantas poliploidizadas (com ploidia duplicada). Por exemplo, a cultura in vitro de anteras ou micrósporos é bastante utilizada para produzir plantas diploides a partir de plantas tetraploides. As plantas diploides resultantes são utilizadas em cruzamentos com outros parentais diploides. É possível também a obtenção de plantas haploides a partir das diploides e a produção de duplo-haploides, que podem ser cruzados com outras plantas diploides. O contrário também pode acontecer: a produção de plantas tetraploides a partir das diploides e o cruzamento entre as tetraploides, gerando plantas férteis. Cruzamentos entre plantas da mesma espécie, no entanto, com ploidias diferentes – como acontece em *Brachiaria* (Trin.) Griseb. em muitos casos –, resultam em esterilidade, isto é, em não produção de sementes ou em baixa performance da progênie.

Plantas haploides produzem sementes?

As plantas haploides são comumente fracas, não produzem sementes (estéreis) e são de baixa performance, sendo, portanto, necessária a partir delas a obtenção de plantas duplo-haploides (DH). O principal método de indução artificial de haploides é a indução in vitro. Na indução in vitro, células haploides de organismos diploides são cultivadas in vitro para indução de embriogênese somática com formação de embrião haploide e regeneração de plantas haploides. Os explantes fornecedores de células haploides mais utilizados são os micrósporos isolados ou as anteras, mas também podem ser

utilizados grãos de pólen, gametas masculinos e femininos, megásporos, óvulo ou até mesmo todo o ovário.

359

Como podem ser obtidas plantas com o número de cromossomos duplicado a partir de sementes?

A aplicação de colchicina – inibidor de formação de microtúbulos, uma substância antimitótica – em sementes ou em meristemas e ápices caulinares de sementes germinadas levará à duplicação do número cromossômico, ocasionando a produção de plantas poliploidizadas. A colchicina inibe a divisão celular, mas não a duplicação dos cromossomos. Se aplicada em plantas haploides ou em embriões somáticos haploides, dará origem a duplo-diploides (DH). Estas últimas são bastante úteis em programas de melhoramento, uma vez que são totalmente homozigóticas, portanto, possuem estabilidade fenotípica. A indução de DH pode ocorrer logo após a produção de híbridos em espécies autocompatíveis. Desse modo, o genótipo resultante do cruzamento produzirá linhagens homozigóticas, as quais são comumente utilizadas em retrocruzamentos de híbridos.

360

O que é a técnica de fertilização in vitro?

A fertilização ou fecundação in vitro consiste na fusão in vitro de células espermáticas com as oosferas, sendo importante no melhoramento, pois elimina a maioria das barreiras que interferem na fertilização. Existem várias técnicas diferentes de fertilização in vitro. As células reprodutivas, os gametas masculino e feminino, podem ser isoladas e cocultivadas de modo a induzir a fusão das células. Utilizam-se também ovários isolados e fazer a polinização in vitro na região da micrópila. Nesse caso, o grão de pólen germina in vitro e penetra na micrópila do óvulo, depositando as células espermáticas no saco embrionário, evitando, assim, todo o caminho de germinação no estigma e crescimento até a micrópila. Depois da fertilização in vitro, é feito o resgate de embriões para

o desenvolvimento do embrião. Essa técnica tem potencial para produção de híbridos interespecíficos e intergenéricos, além de poder ser utilizada para superar a autoincompatibilidade e incompatibilidade cruzada.

361

Por que se utiliza o resgate de embriões para espécies cultivadas?

Muitas espécies cultivadas não possuem, em suas populações ou em seus acessos conservados, variabilidade genética suficiente para as necessidades do melhoramento genético. Na procura por incorporação de características agronômicas desejáveis, tais como resistência a pragas e tolerância à seca, uma das alternativas pode ser o cruzamento da planta cultivada com plantas de outra espécie, como as espécies silvestres. Esses cruzamentos entre duas espécies distintas, ou seja, interespecíficos, resultam muitas vezes em embriões incapazes de se desenvolver e dar origem a uma planta. Nesse caso, é possível utilizar técnica de cultura de tecidos ou de embriões *in vitro*, denominada resgate de embriões. Após o cruzamento, que pode ser *in vivo* ou por fecundação *in vitro*, os embriões isolados, ou ovário ou óvulos fecundados, são introduzidos em meios de cultura apropriados para desenvolvimento em plântulas que posteriormente serão aclimatadas em solo. Essa técnica, entretanto, depende da resposta dos explantes às condições de cultura *in vitro*, tais como nutrientes do meio de cultura, luminosidade, temperatura, tempo de cultivo, etc.

362

O resgate de embrião pode ser usado para espécies não domesticadas?

Sim. Essa técnica pode ser utilizada para a manutenção e a regeneração de genótipos importantes, sempre que detectado o comprometimento da qualidade fisiológica de germoplasma-semente. A técnica é amplamente empregada para a regeneração de embriões de sementes com comportamento ortodoxo, intermediário ou recalcitrante antes e após a criopreservação de germoplasma de

espécies não domesticadas. Em sementes ortodoxas, o resgate de embrião é feito quando seus componentes de reserva são lipídicos ou aleuro-oleaginosos, com maior probabilidade de peroxidação lipídica. Em sementes de comportamento intermediário, o resgate de embrião é adotado antes e após congelamento em nitrogênio líquido, mesmo que as sementes sejam criopreservadas inteiras. Para as sementes de comportamento recalcitrante que possuem eixos embrionários muito pequenos, como as de algumas espécies da família *Arecaceae* e de espécies cujas sementes se oxidam durante o manuseio, o resgate de embrião é utilizado para a avaliação do material biológico antes e após criopreservação.

363

É possível usar a biotecnologia para produzir sementes de reprodução clonal?

Plantas que produzem sementes clonais são de grande interesse para a agricultura, uma vez que suas sementes dão origem a plantas idênticas. No entanto, essa característica de produzir sementes clonais, denominada apomixia, não ocorre naturalmente em muitas das principais culturas agronômicas, sendo mais frequente em gramíneas forrageiras. Para produzir sementes clonais, plantas apomíticas produzem gametas sem redução meiótica e independem da contribuição paterna para a formação do embrião. Muitos grupos de pesquisa vêm buscando o isolamento de genes da apomixia em diferentes espécies como *Brachiaria* (Trin.) Griseb., *Paspalum* L., *Pennisetum* Schum., *Hieracium* L. Uma vez conhecendo os genes que controlam a apomixia em plantas, será possível transferir, através de transgenia, essas características para plantas sexuais de importância agronômica, a fim de fixar genótipos superiores e facilitar sua multiplicação.

364

O que é semente sintética?

Semente sintética é a semente artificial produzida em laboratório a partir do revestimento de propágulos de planta. Estes

propágulos podem ser embriões somáticos e brotos, que são encapsulados, armazenados e, quando utilizados para semeadura, produzem plantas. A semente sintética permite a propagação em larga escala de plantas clonais – que uniformizam o plantio e sincronizam a colheita – e a preservação de espécies raras ou em perigo de extinção. Essa técnica vem sendo utilizada na conservação de diferentes espécies de plantas.

365 Como é produzida uma semente sintética?

Na semente sintética o embrião somático ou outro propágulo é encapsulado na presença ou não de nutrientes, substâncias utilizadas no controle de contaminação e reguladores de crescimento que constituem o endosperma artificial. Há vários métodos de produção descritos, sendo o de maior aplicação – por causa de sua baixa toxicidade, custo e facilidade no manuseio – a gelificação em alginato de sódio por íons de cálcio. As etapas da produção de semente sintética são:

- Estabelecer o processo de produção de propágulos, como a embriogênese somática.
- Sincronizar o desenvolvimento do embrião somático maduro.
- Produzir os embriões somáticos em massa, em biorreator.
- Encapsular os embriões em matriz artificial.
- Semear.

366 Qual a relação entre cultura de tecidos e engenharia genética?

A produção de sementes transgênicas, amplamente utilizadas na nossa agricultura, passa pelo processo de transformação genética de plantas progenitoras. As metodologias de transformação genética – seja para produção de plantas transgênicas, seja para plantas editadas – utilizam explantes para o processo de introdução de

vetores contendo os transgenes ou a maquinaria de edição genômica. A partir desses explantes, é necessário obter uma planta adulta pelo processo de regeneração em cultura de tecidos. Sem um método de regeneração eficiente, o processo de engenharia genética de plantas seria muito difícil.

367

Por que algumas sementes são conhecidas como transgênicas?

A transgenia é um método de produzir um organismo geneticamente modificado mediante técnicas de engenharia genética e biotecnologia. É caracterizada pela inserção de um ou mais genes de um organismo para o genoma de outro organismo, por isso a designação “trans” (Figura 11). Em plantas, a inserção de transgenes resulta em característica distinta da planta parental não transgênica, que é transmitida para as próximas gerações pela semente. Cada genótipo que recebe um ou mais transgenes em locais específicos do seu genoma é considerado como um evento transgênico. Sementes transgênicas vêm sendo comercializadas no mundo desde a liberação do primeiro produto em 1994 nos Estados Unidos, o tomate Flavr Savr. É importante distinguir a definição de transgenia da de plantas geneticamente modificadas (PGM). PGM podem ser obtidas por meio de vários processos, como: a) melhoramento convencional – é uma forma de modificar geneticamente uma planta; b) mutagênese, RNA interferente, edição genômica – são outras formas de modificar geneticamente uma planta.



Figura 11. Representação esquemática da germinação de semente transgênica mostrando fragmento de DNA exógeno (ponto preto) inserido no DNA da semente de milho (*Zea mays* L.).

As sementes transgênicas são produzidas por plantas transgênicas, ou seja, aquelas nas quais o DNA foi manipulado por engenharia genética. São duas as formas de transformação genética de plantas: a transformação direta e a indireta. Na transformação direta estão as técnicas de transformação de protoplastos e bombardeamento ou aceleração de partículas, nas quais um fragmento de DNA é introduzido diretamente no genoma da célula. Na transformação indireta estão as técnicas que envolvem espécies de *Agrobacterium* que carregam plasmídeos, que são introduzidos nas células e têm o potencial de liberar e integrar um fragmento de DNA no genoma da célula.

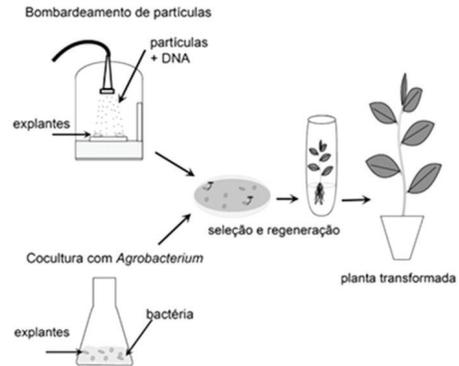


Figura 12. Representação esquemática de transformação genética.

As sementes transgênicas são sementes de plantas melhoradas geneticamente. Essas plantas podem possuir características não encontradas nas espécies silvestres ou cultivadas, conferindo vantagens para o produtor e o consumidor; características que, de outro modo, seriam muito difíceis de encontrar na natureza ou produzir por cruzamentos convencionais. Existem vários exemplos de transgênicos comercializados com genes de outras espécies dos quais se destacam sementes de plantas resistentes a pragas, tolerantes a herbicida, com enriquecimento alimentar como o arroz dourado, rico em vitamina A. A transgenia oferece a vantagem de introduzir características que facilitam o manejo da cultura, favorecendo indiretamente a maior produção de sementes.

370 **É possível identificar se uma semente é transgênica?**

Sim, utilizando técnicas bioquímicas, moleculares e observando características fenotípicas. Pode-se até detectar qual o gene, o local no genoma da planta e o número de cópias inseridas por técnicas de PCR. Existem kits de detecção que permitem detectar proteínas específicas que só estão presentes na planta transgênica. Para que a planta seja cultivada no Brasil, é necessário que os resultados de todos esses testes de detecção, entre vários outros, sejam apresentados à Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio). De acordo com o Decreto nº 4680/2003, alimentos vendidos para consumidores, mesmo ração animal, os quais contenham acima de 1% de semente transgênica na sua composição, devem conter essa informação na embalagem (a letra T num triângulo amarelo). Porém, em 2016, o Supremo Tribunal Federal (STF) decidiu que alimentação com qualquer percentagem de transgênicos deve ser rotulada. Os testes utilizados para a detecção de transgênicos são testes de tira, ou imunocromatográficos, teste ELISA (do inglês *enzyme-linked immunosorbent assay*), ou imunoenaios, e de PCR. Para quantificação exigida por lei, é necessário utilizar o PCR quantitativo.

371 **Quais são as características necessárias às sementes transgênicas para a liberação para uso comercial?**

As sementes de plantas transgênicas utilizadas comercialmente devem ter as características morfológicas semelhantes às da planta de origem. Uma exceção é se o gene introduzido visa à modificação de alguma característica da semente, como, por exemplo, para aumento de teor de óleo, para produção de fármacos, etc. Essas modificações alteram principalmente o teor químico da semente, mas podem alterar sua coloração ou seu tamanho. Um exemplo interessante ocorre com o arroz dourado, que nas Filipinas foi aprovado para consumo em 2019. Trata-se de um arroz modificado geneticamente para aumentar a produção de betacaroteno, precursor da vitamina A. Por isso, as sementes têm coloração dourada em relação ao arroz comum. O arroz é transformado com duas enzimas da via de biossíntese de

betacaroteno para o acúmulo na semente. O produto tem o potencial de fornecer de 30% a 50% da necessidade diária de vitamina A em humanos e, portanto, é um suplemento importante no combate à deficiência de vitamina A no mundo, que mata 4.500 crianças por dia. Esse problema é particularmente importante em locais de vulnerabilidade econômica na Ásia, onde o arroz é o principal alimento consumido.

372

Quais são as culturas agrícolas que são comercialmente produzidas no Brasil por meio de sementes transgênicas?

O Brasil ocupa o segundo lugar entre os principais produtores de transgênicos do mundo, atrás apenas dos Estados Unidos. Atualmente no Brasil, há seis culturas agrícolas liberadas comercialmente com eventos transgênicos: soja [*Glycine max* (L.) Merr.], milho (*Zea mays* L.), algodão (*Gossypium hirsutum* L.), cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e eucalipto (*Eucalyptus* L'Hér.). Boa parte desses eventos tem as características de resistência a herbicidas e insetos ou ambas as características na mesma planta, sendo que, em milho, são 49 dos 52 eventos, em soja, 16 dos 17 eventos, e em algodão, todos os 22 eventos. O evento de feijão é para resistência à virose, enquanto os cinco eventos de cana-de-açúcar estão relacionados à tolerância a insetos. O evento de eucalipto é para aumento volumétrico de madeira.

373

É possível produzir fármacos em sementes?

Sim. É possível armazenar proteínas de interesse, como alguns fármacos, em sementes para posterior purificação. Em soja, a utilização de sementes como biofábricas para a produção de fármacos se utiliza da substituição da proteína β -conglícinina, principal proteína de reserva em soja, pelo peptídeo ou proteína de interesse. Em geral sementes de soja têm conteúdo de proteína entre 30% a 45%, armazenadas em vacúolos subcelulares denominados PSV (do inglês, *protein storage vacuoles*). Considera-se como vantagem desse método de produção de fármacos em plantas seu baixo custo de produção, uma vez que

a planta de soja pode ser facilmente crescida em casa de vegetação com condições apropriadas para otimizar produção de sementes, e em condições de biossegurança com possibilidade de produção em larga escala. Outra vantagem é a estabilidade da proteína produzida, uma vez que os PSV em sementes podem ser armazenados por vários meses ou anos sem perda de função das proteínas de interesse. Outras vantagens são comuns à utilização de sistemas vegetais de um modo geral, como modificações pós-traducionais eucarióticas das proteínas de interesse. Dessa forma, a plataforma de soja para produção de fármacos vem sendo testada e desenvolvida com diferentes graus de sucesso. Da mesma maneira, outras sementes que produzem proteínas, como milho, também podem ser desenvolvidas com esse propósito.

374

Sementes modificadas geneticamente podem auxiliar no combate às mudanças climáticas?

Sim. Sementes modificadas geneticamente podem contribuir para mitigar os efeitos das mudanças climáticas. Um exemplo é uma variedade de arroz recentemente criada para reduzir a produção de metano, um dos principais gases de efeito estufa, a partir de plantações de arroz irrigado que ocorrem principalmente na Ásia. Plantações de arroz inundado correspondem a aproximadamente 10% da produção de metano antropogênico atmosférico. Essas sementes modificadas de arroz receberam um gene de cevada denominado *SUSIBA2*, em que o açúcar é predominantemente distribuído para a parte aérea da planta, diminuindo a quantidade de metano produzido e aumentando a quantidade de amido armazenado na semente do arroz modificado. Em plantas de arroz não transgênicas, boa parte do açúcar se acumula na raiz, onde é metabolizado por bactérias, levando à produção de gás metano. Ou seja, pela modificação genética ocorreu melhora nutricional e o cultivo de arroz irrigado ganhou em segurança ambiental. Estudos em larga escala estão sendo conduzidos para confirmar os resultados preliminares, visando a seu uso comercial.

375

A utilização de sementes transgênicas na agricultura é ambientalmente sustentável?

Sim. Considerando-se as principais culturas geneticamente modificadas (GM) utilizadas no mundo, sementes de soja, milho e algodão, para as características de resistência a insetos e a herbicida, e considerando-se os fatores de sustentabilidade, como produtividade por área, emissão de gases de efeito estufa e uso de pesticidas, estima-se um impacto positivo de 37% no meio ambiente nos 18 anos de utilização da tecnologia de sementes GM. Em 20 anos de uso de algodão resistente a insetos (1996–2016), houve uma redução de 230 mil toneladas no uso de inseticida. Isso sem causar efeitos maléficis em populações de insetos não alvos, como polinizadores (dados do Instituto de Pesquisa VIB, Ghent, Bélgica). A combinação de resistência a herbicida, particularmente no uso da cultura da soja, com o manejo do solo por meio de plantio direto, resultou na economia de 6,3 bilhões de litros de combustível, levando a uma redução de 16,8 milhões de toneladas métricas de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera. Em termos de produtividade, foi verificado um aumento médio de produtividade de 5,6% a 24,5% de milho nesse período. A utilização dessas tecnologias também aumentou a eficiência de produtividade por hectare. Por exemplo, seria necessário aumentar a área plantada em 7,5 milhões de hectares de soja, 8,9 milhões de hectares de milho e 3,7 milhões de hectares de algodão para atingir os níveis de produtividade de 2014, sem a utilização das tecnologias GM – Relatório da empresa de consultoria (PG Economics, 2021).

376

O que é a tecnologia genética de restrição de uso ou Gurt, e como ela é utilizada na produção de sementes?

Gurt é a abreviatura de tecnologias genéticas de restrição de uso ou *genetic use restriction technologies*. Essas tecnologias permitem expressar ou não expressar genes em determinado

estádio de desenvolvimento da cultura ou geração da planta. A ideia é de regular a expressão de genes para que sejam expressos em momentos precisos do desenvolvimento da planta. Duas tecnologias se destacam: T-Gurts e V-Gurts. T-Gurts modificam a planta para que, em contato com indutores químicos externos, ela expresse uma característica desejável. Plantas produzidas com tecnologias V-Gurts ou terminator produzem plantas cujas sementes são estéreis, tornando inviável a produção de sementes pelo próprio agricultor, como ocorre frequentemente.

377 **No Brasil é possível utilizar a tecnologia genética de restrição de uso?**

Depende. As tecnologias genéticas de restrição de uso (Gurt) podem ser consideradas como recurso para o desenvolvimento de novas cultivares, mas geram ainda preocupações no campo da biodiversidade, da segurança alimentar e, principalmente, no direito dos produtores de replicarem a própria semente. Desse modo, no Brasil a legislação proíbe as técnicas Gurt no caso de ela afetar a fertilidade da semente. Existem, no entanto, possibilidades de uso seguro e estratégico que devem ser consideradas pela sociedade e o agricultor, como, entre outras, sua utilização em estratégias de biossegurança e garantia de pureza varietal.

378 **Quais são as perspectivas para as plantas geneticamente modificadas?**

Os avanços nas áreas de genômica, transcriptômica, proteômica e a compreensão dos fatores moleculares que controlam processos biológicos abrem múltiplas possibilidades para inserir características em plantas voltadas para alimentação. É necessário explorar a biodiversidade para compreender e introduzir características como: adaptação para condições locais, fatores de resistência para diversas doenças que assolam culturas não commodities, adaptação e resiliência a temperaturas extremas e aumento de fatores

nutricionais e farmacêuticos. Essas características são demandadas por produtores e consumidores e podem ter maior espaço no mercado. Novos produtos desenvolvidos com essas características podem contribuir significativamente para atender a vários Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), como cultivares mais resistentes para produtores locais, segurança alimentar, uso sustentável de ecossistemas, redução de desigualdades. Existe, ainda, a possibilidade de combinar várias características em uma mesma planta, num processo chamado *stacking*. Já existem no mercado sementes de soja com duas características transgênicas – resistência a insetos e resistência a herbicida, mostrando a viabilidade dessa tecnologia.

379 Como são obtidas plantas mutantes?

Plantas mutantes são produzidas de diferentes maneiras: por meio de substâncias químicas mutagênicas, sendo a mais comum o metanossulfonato de etila (EMS), agentes físicos, sendo o mais comum a utilização de radiação gama, e agentes biológicos, como a bactéria *Agrobacterium* com a inserção de T-DNA no genoma da planta. Essas mutações criam deleções, translocações, rearranjos aleatórios no genoma da planta e, dessa forma, produzem mutantes, que podem ser utilizados em estudos de função gênica ou em programas de melhoramento. Para a introdução de sementes mutantes no Brasil, é importante saber a origem da mutação, se física, química ou se biológica, uma vez que a legislação pode ser diferente, dependendo da origem da mutação.

380 Qual é a finalidade e como são organizados os bancos genéticos de sementes mutantes?

A finalidade de manter a coleção de mutantes em bancos genéticos é fornecer material para estudos de genética reversa, que permite conhecer a função de diversos genes. Os principais catalisadores desse avanço foram os centros de recursos biológicos

da planta-modelo *Arabidopsis*, muito utilizada no estudo da função de genes. Esses centros, criados na década de 1990, são responsáveis por coletar, preservar e distribuir recursos genéticos de *Arabidopsis*, incluindo mutantes, ecótipos e clones, para a comunidade científica. À época, dois grandes centros foram criados com o auxílio de financiamento público: *Arabidopsis Biological Resource Center* (ABRC), na Universidade de Ohio, Estados Unidos, e o *Nottingham Arabidopsis Stock Center* (Nasc), na Universidade de Nottingham no Reino Unido. Estes centros padronizaram as informações das coleções, concentraram a distribuição de recursos genéticos em larga escala, e o fizeram de forma não competitiva, ou seja, não havia interesse em propriedade intelectual, abrindo grande possibilidade para laboratórios, em várias partes do mundo, iniciarem pesquisas genéticas e moleculares de *Arabidopsis*. Atualmente existem diversas coleções públicas e privadas, não apenas de *Arabidopsis* como de outras plantas.

381 O que é biologia sintética?

A biologia sintética, assim como a engenharia genética, visa criar ou aperfeiçoar sistemas biológicos existentes com características de interesse que não estão naturalmente disponíveis nesses sistemas. Ela combina conhecimentos de engenharia, computação e de diferentes campos da biologia, além da engenharia genética. Enquanto a engenharia genética transfere, na maior parte das vezes, genes individuais de um organismo a outro, a biologia sintética pretende montar novos genomas, ou transformar genomas existentes, a partir de componentes genéticos previamente caracterizados.

382 Sementes produzidas por edição genômica são a mesma coisa que sementes transgênicas?

Um organismo geneticamente modificado é considerado transgênico quando recebe um ou mais genes de outro organismo,

quebrando barreiras dos mecanismos de evolução. Exemplos claros são a introdução de genes de uma espécie em outra espécie, mesmo pertencentes a diferentes reinos, como entre bactérias e plantas. Edição genômica, por sua vez, é uma ferramenta que permite modificar o genoma de um organismo para promover, de forma precisa, mutações neste genoma, ou seja, não envolve necessariamente transferência de genes entre espécies. O Prêmio Nobel de Química de 2020 foi concedido a duas pesquisadoras responsáveis por desenvolver uma técnica de edição genômica denominada CRISPR (do inglês, *clustered regularly interspaced short palindromic repeats*, ou conjunto de repetições palindrômicas curtas regularmente interespaçadas). É uma metodologia que permite modificar o genoma de um organismo com alta precisão, deletando genes ou “consertando defeitos” em genes existentes no organismo. Portanto, embora seja uma técnica de engenharia genética, as modificações feitas no genoma da espécie são deleções ou substituições de bases, que não diferem do processo evolutivo. No entanto, por causa da técnica, a edição genômica pode ser feita com rapidez e precisão muito maiores. Por causa dessa diferença significativa, a regulamentação de sementes geradas por essa nova tecnologia pode ser diferente das sementes transgênicas, e elas serem consideradas como mutantes naturais, uma vez que não haveria resquíio de transgenes ou do vetor utilizado na edição no genoma da planta. A Resolução Normativa nº 16/2018 da CTNBio² cria um arcabouço jurídico para que produtos gerados por edição genômica não sejam considerados organismos geneticamente modificados.

383 O que são marcadores moleculares?

Marcadores moleculares, conhecidos também como marcadores genéticos, são genes ou sequências de DNA associadas com um determinado gene ou característica. Os marcadores

² Disponível em: http://ctnbio.mctic.gov.br/resolucoes-normativas/-/asset_publisher/OgW431Rs9dQ6/content/resolucao-normativa-n%C2%BA-16-de-15-de-janeiro-de-2018.

moleculares são herdados geneticamente e não são influenciados pelo ambiente. Existem vários tipos de marcadores moleculares e os mais importantes são: alozimas; DNA mitocondrial, mtDNA; polimorfismo no comprimento dos fragmentos de restrição (do inglês, *restriction fragment length polymorphism* – RFLP); DNA polimórfico amplificado aleatoriamente (do inglês, *random amplification of polymorphic DNA* – RAPD); AFLP (do inglês, *amplified fragment length polymorphism*); microssatélites (do inglês, *simple sequence repeats* – SSR); polimorfismos de base única (do inglês, *single nucleotide polymorphism* – SNP); código de barras de DNA (do inglês, *DNA barcoding markers*).

384

Marcadores moleculares e bioquímicos podem ser utilizados para verificar a qualidade das sementes?

Sim. A qualidade da semente compreende pureza genética, potencial de germinação, vigor e estado de saúde da semente. Entre as aplicações na utilização de marcadores moleculares para a avaliação de sementes, estão:

- O grau de pureza genética, incluindo contaminação com genótipos derivados de autopolinização, polinização cruzada ou contaminação física.
- Segregação de homozigidade e heterozigidade.
- Contaminação de sementes não transgênicas com sementes transgênicas.
- Identificação de cultivares e cultivares derivadas para proteção.

385

Marcadores moleculares e bioquímicos podem ser utilizados para verificar a pureza genética das sementes?

Sim. No âmbito da Lei de Proteção de Cultivares (LPC) e do Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC) (Brasil, 1997), é permitida a utilização de marcadores moleculares para definir uma

cultivar por sua distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade. Os marcadores mais utilizados para esses fins são os baseados em SSR e SNP.

Análises com isozimas podem ser utilizadas para detectar a identidade e pureza de uma variedade. Essa técnica é relativamente mais simples, barata e acessível do que as demais.

386

Marcadores moleculares e bioquímicos podem ser utilizados para verificar a viabilidade das sementes?

Marcadores moleculares para avaliar o nível de envelhecimento de sementes estão em desenvolvimento. O processo de deterioração, que leva à perda da viabilidade, é complexo, e vários marcadores são necessários.

A síntese de etileno pode ser usada como indicador de deterioração da semente, pois, quando baixa, indica danos na membrana. A formação de etileno pode ser dosada durante a embebição da semente. O acúmulo de açúcar, correlacionado com as taxas de desidratação da semente, pode ser um bom indicador para a capacidade de armazenamento da semente, como os oligossacarídeos da família rafinose, (do inglês, *raffinose family oligosaccharides* – RFO). Rafinose é acumulada com a maturação da semente, sendo utilizada pelas sementes durante a germinação; Outros marcadores de germinação de sementes incluem algumas *heat shock proteins* (HSPs), como a HSP24.7, uma ativadora da germinação dependente de temperatura, que acelera a germinação (Ma et al., 2019); *late embryogenesis abundant protein* (LEA), que se acumulam nos últimos estádios do desenvolvimento da semente quando a tolerância à dessecação é adquirida e sua presença pode estar relacionada com melhor germinação; e marcadores do ciclo celular. Estes últimos para sementes ortodoxas, nas quais a maturidade pode ser monitorada pela razão número de células embrião/endosperma, baseada no conteúdo de DNA dos núcleos correspondentes. Marcadores para viabilidade podem ser:

desidrogenase alcoólica desidrina, lactato desidrogenase e malato desidrogenase, encontrados apenas em sementes viáveis.

387

Há marcadores para detectar a tolerância de sementes ao dessecação?

Sim. A atividade de algumas enzimas antioxidantes pode ser correlacionada com a manutenção de níveis de *reactive oxygen species* (ROS) em patamares não tóxicos para as células, servindo, portanto, de marcadores. A integridade de membrana é utilizada para saber a tolerância à dessecação em sementes ortodoxas, que passam por dessecação após a maturação. O vazamento de solutos indica baixa qualidade da semente e pode ser utilizado como indicador da qualidade de sementes durante a embebição.

388

Há marcadores moleculares para identificar a dormência em sementes?

Sim. Marcadores para identificar dormência da semente – a ausência da germinação da semente viável, mesmo em condições adequadas – estão em desenvolvimento em plantas-modelo, como *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh., ou em culturas, como arroz (*Oryza sativa* L.), trigo (*Triticum* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.). A dormência da semente é uma característica quantitativa, governada por muitos genes, a qual está sob a influência de fatores genéticos, ambientais, fisiológicos e hormonais, podendo ser do tipo primária ou secundária. A dormência primária é desenvolvida na planta-mãe, enquanto a secundária é induzida em sementes que não eram dormentes. Marcadores SSR e SNPs podem ser usados para a caracterização da dormência. Exemplo de marcadores são os genes da família *DRM1/ARP* (do inglês, *dormancy associated gene-1/auxin-repressed protein*) (Rae et al., 2013), que parecem ter papel indireto na manutenção da dormência, assim como alguns

genes associados a estresse. Para amendoim foi desenvolvido o marcador GMFSD1 (Kumar et al., 2020).

389

É desejável que tecnologias genômicas sejam utilizadas para explorar o potencial das sementes conservadas em bancos genéticos convencionais ao redor do mundo?

A aplicação de tecnologias genômicas, hoje disponíveis em escala e preço que possibilitam explorar o potencial dos bancos genéticos, fornecerá subsídios para compartilhar informações genotípicas com as fenotípicas e de produtividade em uma plataforma integrada por pesquisadores, melhoristas e produtores. Estima-se que haja 7 milhões de acessos de culturas relevantes para alimentação sendo conservados em bancos genéticos convencionais no mundo. Uma iniciativa, nesse sentido, foi tomada em 2014 por meio da plataforma DivSeek³. Esta iniciativa visa não apenas utilizar o potencial genético de grãos e sementes já utilizados na dieta, como também explorar possibilidades nutricionais de outras sementes para ampliar a oferta de alimentos e contribuir para uma maior segurança alimentar local e mundial.

390

Existe interesse em se proteger as biotecnologias geradas?

Grandes investimentos são feitos em pesquisas que levam ao desenvolvimento de novas biotecnologias e produtos biotecnológicos. Esses investimentos, públicos ou privados, necessitam ser restituídos em forma de ganho para a sociedade, em lucro ou retorno do investimento, para que mais pesquisa seja feita e novos produtos sejam desenvolvidos. Assim, é de interesse da sociedade que os autores recebam os créditos por sua invenção e que os produtos sejam protegidos. Dentro desse contexto, a Lei de Inovação Tecnológica (Lei nº 10.973/2004) (Brasil, 2004) trouxe importantes avanços não apenas em propriedade intelectual, mas

³ Disponível em: <https://divseekintl.org/>.

na possibilidade de criar ambientes mais propícios para inovação em diversas áreas da pesquisa, inclusive em sementes modificadas geneticamente. Junta-se a isso a Lei de Cultivares e a opção de proteger cultivares transgênicas como cultivares essencialmente derivadas. Cria-se um ambiente que estimula investimento em pesquisa, tanto no setor público como no setor privado.

391

Existe legislação própria para a produção de semente transgênica?

Sim. Trata-se da Lei de Biossegurança (Lei nº 11.105/2005) (Brasil, 2005), que regula o tema biotecnologia, aborda a construção das plantas transgênicas, cobrindo as diversas etapas da produção, comercialização e liberação no meio ambiente e descarte.

Referências

BRASIL. Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, p. 2, 3 dez. 2004.

BRASIL. 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 – CTNBio, 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 União**: seção 1, p. 1, 28 mar. 2005.

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 União**: seção 1, p. 25162, 28 abr. 1997.

KUMAR, R.; JANILA, P.; VISHWAKARMA, M. K.; KHAN, A. W.; MANOHAR, S. S.; GANGURDE, S. S.; VARIATH, M. T.; SHASIDHAR, Y.; PANDEY, M. K.;

VASHNEY, R. K. Whole-genome resequencing-based QTL-seq identified candidate genes and molecular markers for fresh seed dormancy in groundnut. **Plant Biotechnology Journal**, v. 18, p. 992-1003. 2020. DOI: 10.1111/pbi.13266.

MA, W.; GUAN, X.; LI, J.; PAN, R.; WANG, L.; LIU, F.; MA, H.; ZHU, S.; HU, J.; RUAN, Y-L.; CHEN, X.; ZHANG, T. Mitochondrial small heat shock protein mediates seed germination via thermal sensing. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 116, n. 10, p. 4716-4721, 2019. DOI: 10.1073/pnas.1815790116.

PG ECONOMICS. Disponível em: <https://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/economista-britanico-apresenta-novo-relatorio-sobre-transgenicos/20080627-085908-3736>. Acesso em 21 abr. 2021.

RAE, G. M.; DAVID, K.; WOOD, M. The dormancy marker DRM1/ARP: associated with dormancy but a broader role in planta. **Developmental Biology Journal**, Article ID 632524, June 2013. DOI:10.1155/2013/632524.

8

Conservação e Armazenamento



*Juliano Gomes Pádua
Solange Carvalho Barrios Roveri José
Antonieta Nassif Salomão
Izulmé Rita Imaculada Santos
Marcos Aparecido Gimenes*

392

Qual é a diferença entre conservação e armazenamento de sementes?

Tanto a conservação quanto o armazenamento de sementes têm por objetivo manter a integridade das sementes para fins específicos. O armazenamento é, geralmente, executado por curtos períodos, sendo o material destinado ao plantio da próxima safra, à comercialização ou à reserva de estoque. A secagem das sementes pode ser feita ao sol, à sombra, em galpões arejados, em secadores de ar forçado ou em estufas. As sementes são acondicionadas em recipientes como frascos plásticos e/ou de vidro, recipientes inox, sacos plásticos ou de papel, sacas de juta ou algodão, caixotes de papelão ou plástico, e mantidas em baixas temperaturas de refrigeradores e congeladores domésticos ou câmaras frigoríficas, em armazéns, galpões ou silos graneleiros. Em contraste, a conservação de sementes é feita por longo prazo (acima de 5 anos), com vistas à utilização futura. As sementes são dessecadas em condições controladas de temperatura e umidade relativa até que atinjam graus de umidade apropriados para sua manutenção em bancos ativos de germoplasma (+5 °C, ou +10 °C), bancos para conservação em longo prazo (-18 °C ou -20 °C) ou bancos criogênicos (-176 °C em vapor de nitrogênio e -196 °C em nitrogênio líquido). As sementes podem ser armazenadas em embalagens de papel semipermeáveis ou impermeáveis ou em tubos criogênicos com tampa rosqueada.

393

Por que se devem conservar recursos genéticos na forma de sementes?

A conservação de plantas na forma de sementes é uma das abordagens mais difundidas e importantes para a manutenção de genótipos. A conservação de sementes apresenta algumas vantagens, como a facilidade de armazenamento de grande quantidade de amostras com economia de espaço e a demanda de pouca mão de obra. Em geral, as condições de baixas temperaturas e umidade permitem que as sementes ortodoxas mantenham a viabilidade por longos períodos. Essas condições de conservação permitem:

- Manter genótipos de espécies de uso atual e potencial, cultivares, variedades, linhagens, ecotipos, parentes silvestres, variedades crioulas ou tipos primitivos.
- Manter o acervo genético destinado aos programas de melhoramento, recomposição vegetacional, reflorestamento, engenharia genética, pesquisas em genômica, proteômica, metabolômica, nanotecnologia, farmacologia, filogenia, entre outras.
- Promover a segurança alimentar do país e guardar material para outros fins.
- Proteger a diversidade intraespecífica e interespecífica procedentes de fitofisionomias vulneráveis, sobretudo em biomas tropicais.
- Resguardar genótipos valiosos de perdas por intempéries climáticas e outras catástrofes ambientais.
- Salvar espécies ameaçadas ou em perigo de extinção.

394

A tecnologia necessária para a conservação de sementes restringe seu uso apenas a instituições de pesquisa?

Não necessariamente. Os bancos de conservação de sementes tomam pouco espaço, porém seu funcionamento é caro, pois há custos elevados com a manutenção (preventiva e corretiva) das câmaras frias e de outros equipamentos, com o consumo de energia, sendo necessário mantê-los sob baixas temperaturas e com a realização periódica de testes de germinação, testes de crescimento e regeneração. Entretanto, sementes ortodoxas também podem ser facilmente conservadas em bancos comunitários de sementes, exigindo apenas que elas sejam mantidas secas, protegidas da umidade e do calor e em ambiente arejado.

395

Por que algumas sementes podem ser conservadas por longos períodos, enquanto outras morrem rapidamente?

No momento da dispersão ou da colheita, as sementes apresentam elevado conteúdo de água para conservação, mesmo

aquelas que vivenciaram a desidratação durante o processo de maturação. A manutenção das sementes nesses níveis de conteúdo de água, por um longo período, contribui para acelerar o processo de deterioração em função das atividades metabólicas, do consumo de reservas, da liberação de energia, além de favorecer o ataque de patógenos, afetando negativamente sua sanidade. Portanto, para que a conservação seja eficiente, é necessário que as sementes sejam mantidas com baixos conteúdos de água. Porém, sementes de algumas espécies são intolerantes à perda de água, porque durante sua maturação houve restrita perda de água e, por isso, não podem ser conservadas por longos períodos.

Na natureza, há uma correlação entre o comportamento das sementes durante o armazenamento e os grupos ecológicos aos quais pertencem. Características como germinação, dormência e armazenabilidade de sementes florestais tropicais relacionam-se aos mecanismos de regeneração natural das espécies, ou seja, com a sucessão de espécies. As sementes de espécies pioneiras necessitam de alta intensidade de luz para germinar; apresentam dormência, causada, principalmente, por possuírem tegumento impermeável; são longevas; compõem o banco de sementes no solo e, em condições artificiais, podem ser armazenadas durante longos períodos. As sementes de espécies secundárias iniciais e secundárias tardias compõem o banco transitório de sementes, geralmente, não são longevas, porém podem ser conservadas por longos períodos. As sementes de espécies clímax, que não necessitam de luz direta para a germinação, não são longevas e compõem o banco de plântulas. Nesse grupo podem ser encontradas as sementes classificadas como recalcitrantes.

396

Como identificar se uma semente é ortodoxa, intermediária ou recalcitrante?

O procedimento é bastante simples: faz-se o acompanhamento da germinação ou da viabilidade das sementes, de acordo com a redução do conteúdo de água e dos períodos de armazenamento. Um

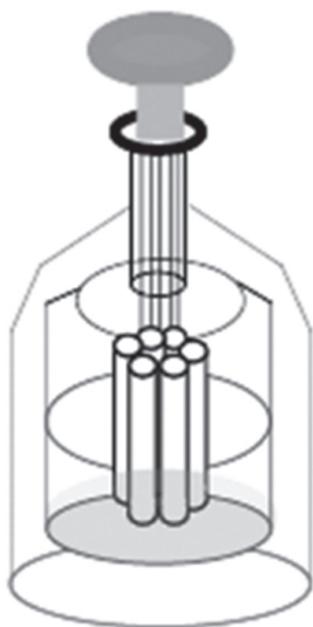
dos métodos descritos na literatura para classificação das sementes quanto ao comportamento para fins de conservação propõe as etapas descritas a seguir. Faz-se um teste de germinação com sementes frescas (sem secá-las) para avaliação de sua viabilidade. Em seguida, desidratam-se as sementes até 12% de umidade e avalia-se, novamente, sua germinabilidade. Se a maioria das sementes estiver morta, as sementes são classificadas como recalcitrantes. Se a amostra de sementes apresentar uma perda de 50% de germinabilidade inicial, pode ser que estas tenham comportamento intermediário. Nesse caso, as sementes devem ser congeladas com esse conteúdo de água (12%) e, após descongelamento, avalia-se sua germinabilidade. Caso haja morte da maioria das sementes, pode-se classificá-las como intermediárias. Ao contrário, se a maioria tiver sobrevivido, as sementes devem ser dessecadas novamente, até aproximadamente 5%, seguindo-se com o teste de germinação. Se a maioria das sementes permanecer viva, essas são armazenadas a -18 °C, por 90 dias, e após esse período repete-se o teste de germinação. Se a maioria das sementes germinar, as sementes são classificadas como ortodoxas.

397 Quais são as estratégias para a conservação de sementes?

Há algumas estratégias que são empregadas para a conservação de sementes. A conservação *in situ* objetiva a preservação de ecossistemas e habitat, bem como a manutenção e a recuperação de populações viáveis de espécies em suas áreas de ocorrência natural. Assim, os bancos de sementes do solo desempenham papel fundamental para a conservação *in situ*. O banco de sementes do solo é formado por espécies representativas da vegetação atual, espécies de etapas sucessionais anteriores e espécies que nunca estiveram presentes na área, mas que formam parte do banco. Agricultores, povos e comunidades tradicionais também exercem papel relevante na conservação de sementes, uma vez que eles praticam o manejo sustentável da diversidade genética de variedades agrícolas tradicionais localmente desenvolvidas, podendo estar

associadas a parentes silvestres, dentro de um sistema de cultivo agrícola. Essa maneira de se conservar sementes é denominada conservação on farm. A conservação ex situ é aquela realizada fora do local de ocorrência natural. As sementes são conservadas em condições ambientais controladas, em temperaturas amenas ou baixas, evitando-se umidade.

398 Como é realizada a conservação ex situ de sementes?



A conservação ex situ de sementes é realizada em bancos de germoplasma, sendo restrita às ortodoxas. Os bancos possuem uma infraestrutura adequada para manter as sementes em condições de baixas temperatura e umidade. Ao controlar esses dois parâmetros, é possível prolongar o tempo de vida das sementes, isto é, a sua longevidade. Geralmente, os bancos ativos de germoplasma conservam as sementes em temperaturas baixas, porém, positivas, entre 5 °C e 10 °C, oferecendo condições de conservação em médio prazo. A conservação em longo prazo é realizada em ambiente com temperaturas subzero, por exemplo, em câmaras a -18 °C ou em condições criogênicas,

usando-se nitrogênio líquido a -196 °C, ou em sua fase de vapor, a -176 °C. Periodicamente, são realizados testes para avaliar a viabilidade das sementes, ou seja, se elas ainda apresentam a capacidade de germinar. Ao se detectar uma perda significativa da percentagem de germinação de um acesso ou uma amostra de sementes, é realizada sua regeneração. Se houver um número reduzido de sementes no acesso ou na amostra, independentemente de sua qualidade, é realizada sua multiplicação.

399

Quando é feita a regeneração ou a multiplicação de sementes conservadas?

Periodicamente, são conduzidos testes para avaliar a viabilidade e a germinabilidade das sementes conservadas em bancos de germoplasma convencionais e em bancos ativos de germoplasma. Ao se detectar uma queda significativa do percentual de germinação de sementes de um acesso ou uma amostra, é realizada sua regeneração. Nesse processo, as sementes são semeadas no campo, e as sementes colhidas com alta qualidade fisiológica e sanitária do acesso ou da amostra são reintroduzidas nos bancos de germoplasma ou nos bancos ativos, mantendo-se, assim, um estoque de sementes com alta qualidade e garantindo a conservação de uma população de plantas. Porém, ao se conduzir os testes para avaliar o acesso ou uma amostra com número reduzido de sementes, independente de apresentar alto poder germinativo ou não, é feita sua multiplicação. Os procedimentos são os mesmos conduzidos para a regeneração do acesso, mas com a finalidade de se reintroduzir nos bancos de germoplasma convencionais um número adequado de sementes do acesso. O material conservado em condições criogênicas não é avaliado com a mesma periodicidade daqueles conservados em bancos convencionais. Porém, os procedimentos para esse material, quanto à regeneração e à multiplicação, são igualmente adotados, quando necessário.

400

Qual a melhor estratégia para conservar sementes: in situ, on farm ou ex situ?

Não há uma estratégia melhor que a outra. Elas devem ser empregadas simultaneamente, de forma complementar. Enquanto a conservação in situ permite que as populações continuem seu processo evolutivo natural, a conservação ex situ conserva os alelos que estão presentes na população, no momento da coleta. Já na conservação in situ, por ser dinâmica, existe a probabilidade de perda

de alelos e de ganho de novos alelos quando plantas geneticamente distintas são introduzidas na área. Em áreas de conservação on farm, esse processo de ganho e perda de alelos também ocorre, mas por causas distintas. Tanto a conservação ex situ quanto a on farm permitem que sempre se tenha semente para uso, o que não é possível na conservação in situ.

401 Como é possível armazenar sementes em propriedades rurais?



As sementes devem ser armazenadas secas. Para isso, pode-se secá-las à sombra quando a umidade relativa do ar estiver baixa. Em época de elevada umidade relativa, isto é, no período chuvoso do ano, recomenda-se o uso de um dessecante. Colocam-se as sementes em um recipiente fechado junto com casca de arroz ou carvão, por exemplo. Estes têm a propriedade de absorver umidade, de forma que as sementes perderão água. Recomenda-se trocar, de tempos em tempos, o dessecante utilizado. Após o material estar seco, é preciso manter as sementes em embalagem impermeável (embalagem plástica grossa, garrafa PET vedada com cera, por exemplo), ao abrigo do calor, mas preferencialmente em geladeira ou congelador.

402 O que são sementes crioulas?

São aquelas sementes obtidas de variedades chamadas de crioulas, tradicionais, locais e mantidas pelos agricultores. Elas apresentam características únicas, obtidas via seleção ao longo do tempo e não foram submetidas a técnicas de melhoramento convencional. Alternativamente, uma variedade crioula pode

ter sido desenvolvida pelo cruzamento entre uma cultivar obtida pelo setor convencional de melhoramento de plantas e variedades tradicionais dos agricultores, tornando-se uma variedade diferente quando em comparação com a cultivar original. De forma genérica, uma variedade crioula pode apresentar uma ou mais das seguintes características: variedade distinta e reconhecível pelos agricultores; geneticamente heterogênea, no caso de espécies alógamas; localmente adaptada; associada a valores culturais, históricos ou religiosos locais; e associada a sistemas agrícolas tradicionais, como os das comunidades de indígenas, quilombolas, ribeirinhas, agricultores familiares e outras.

403 Qual é a importância de se conservar sementes crioulas?

Como as sementes crioulas foram selecionadas para condições específicas de um local, elas podem carregar características que as tornam únicas. Por isso, são importantes para a segurança alimentar e nutricional de povos e comunidades tradicionais e agricultores familiares, além de garantir a esses a soberania sobre as sementes. Como também estão associadas a costumes e hábitos locais, as sementes crioulas são um componente importante do ponto de vista sociocultural. Como são cultivadas localmente, há um considerável risco de perda desse germoplasma. Assim, conservar o germoplasma crioulo é ação de grande importância, não apenas pela conservação per se, mas também para manutenção da história sociocultural de uma região, além de propiciar o desenvolvimento de novas cultivares.

404 Por quanto tempo uma semente pode permanecer viva?

As sementes mais antigas que foram capazes de germinar foram encontradas na Sibéria, 38 m abaixo do pergelissolo (do inglês, *permafrost*: solo encontrado na região do Ártico, constituído por terra, gelo e rochas permanentemente congeladas). Essas sementes são do gênero *Silene*, uma planta nativa da Sibéria. A datação

por carbono-14 confirmou que as sementes tinham 32.000 anos. Entretanto, há sementes que perdem a viabilidade rapidamente, algumas horas após serem retiradas do fruto, como as sementes de ingás (*Inga spp.*), de cacau e de cupuaçu (*Theobroma spp.*), por exemplo. Vários fatores intrínsecos e extrínsecos às sementes atuam para que elas permaneçam vivas por mais ou menos tempo.

405 É possível prever por quanto tempo uma semente poderá permanecer viável?

Existem fórmulas matemáticas, desenvolvidas a partir da década de 1960, as quais são capazes de prever por quanto tempo um lote de sementes permanecerá viável quando armazenado em uma determinada condição ambiental, considerando-se umidade e temperatura.

406 Quais fatores afetam a longevidade das sementes?

Um conjunto complexo de fatores afeta a longevidade das sementes:

- O tipo de comportamento em condições de armazenamento da espécie em questão, sendo esse o fator mais importante, pois é determinado biologicamente. Sementes ortodoxas podem permanecer viáveis por centenas ou milhares de anos, enquanto sementes recalcitrantes perdem a viabilidade em horas, dias ou meses.
- As condições ambientais que mais afetam a conservação das sementes são a umidade relativa do ar e a temperatura, sendo que a umidade relativa é considerada a mais influente, por causa de sua relação direta com o grau de umidade das sementes, estando estreitamente associada à deterioração. A temperatura afeta diretamente a velocidade das reações químicas, acelera a respiração e o desenvolvimento de microrganismos, de modo que sua redução beneficia a conservação de sementes. Entretanto, a temperatura e a

umidade são interdependentes, de maneira tal que se a umidade aumenta, a temperatura deve diminuir. Importante atentar para o comportamento fisiológico das sementes da espécie em questão para definição desses parâmetros.

- A qualidade inicial das sementes ou a proporção das sementes que são viáveis no início do armazenamento.
- A espécie em questão: embora todas as sementes ortodoxas respondam à umidade relativa e à temperatura de armazenamento de forma semelhante, algumas espécies são mais longevas que outras.

407

Lotes contendo sementes com elevado percentual de germinação apresentam maior longevidade?

Não necessariamente. A longevidade de sementes está mais correlacionada às características de vigor que às de germinação. Por exemplo, podemos ter dois lotes de sementes com a mesma percentagem de germinação, mas apresentando velocidades de germinação distintas, que é uma medida de vigor. Quando conservados nas mesmas condições ambientais, o lote mais vigoroso, isto é, aquele que germina em menor tempo, tem maior probabilidade de apresentar maior longevidade. É importante salientar que a qualidade fisiológica inicial das sementes é fundamental para a manutenção da longevidade. Dessa forma, lotes de sementes de uma mesma espécie, conservados nas mesmas condições, poderão apresentar longevidades distintas. O lote que apresentar maior percentagem de germinação e maior vigor manter-se-á viável por mais tempo.

408

A conservação em temperaturas subzero pode aumentar a viabilidade das sementes?

A conservação em temperaturas subzero não reverte as condições de viabilidade, qualidade sanitária e integridade fisiológico-genética das sementes. A conservação tampouco confere maior

longevidade às sementes, uma vez que a longevidade é uma característica intrínseca da espécie como resultado da interação entre fatores genéticos, fisiológicos e ambientais. Sementes com baixa qualidade fisiológica, conservadas em banco convencional de germoplasma, tendem a perder a viabilidade mais prontamente. Isso, porque, às temperaturas de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, não há supressão total do metabolismo basal das sementes. Estima-se que em condições criogênicas as atividades biológicas sejam minimizadas ao extremo, o que pode reduzir a perda de viabilidade, sem, contudo, reverter esse processo, nem a qualidade sanitária, nem a integridade fisiológico-genética da semente.

409

A conservação em temperaturas subzero pode aumentar a germinabilidade das sementes?

Sementes de algumas espécies conservadas em banco criogênico podem apresentar aumento de percentual germinativo após determinado período de conservação. Há vários relatos na literatura sobre a promoção da germinação em sementes de algumas espécies conservadas em condições criogênicas. Isso pode ser atribuído à formação de uma rede de fissuras nas estruturas que envolvem as sementes ou os embriões, ou ao amolecimento dos tecidos dessas estruturas em decorrência da pressão do nitrogênio, do efeito das temperaturas ultrabaixas e das velocidades das taxas de congelamento e descongelamento. As fissuras e o amolecimento dos tecidos permitem que, durante o processo de germinação, haja um aumento de absorção de água pelas sementes ou pelos diásporos, resultando em seu melhor desempenho germinativo e, portanto, em maiores percentuais germinativos após a conservação em temperatura criogênica.

410

Por que a etapa de armazenamento pode causar tantos danos às sementes?

Porque as sementes precisam ser mantidas em condições adequadas de armazenamento para manter sua qualidade. As perdas



de material durante o armazenamento são causadas, principalmente, pela qualidade das sementes que chegam ao armazém, pela secagem inadequada, por ataque de insetos e outras pragas. A qualidade inicial das sementes começa no campo de produção, e o seu armazenamento não pode ser considerado somente a partir do seu beneficiamento, e sim, desde o ponto de maturidade fisiológica durante o desenvolvimento da semente até o período de plantio. Por isso, é importante adquirir sementes certificadas, produzidas dentro de um padrão de qualidade e com atestado de garantia.

411

Qual é o momento mais apropriado para coletar sementes para fins de conservação?

O momento mais difícil para o coletor de sementes é decidir se a população apresenta sementes com qualidade adequada e quantidade mínimas para a conservação. Sementes devem ser coletadas no seu estágio ótimo de desenvolvimento para maximizar sua longevidade durante a conservação em longo prazo. A maioria das sementes, em seu processo de dispersão natural, estão aptas para serem coletadas. Esse ponto coincide com o ponto de maturidade fisiológica das sementes. Sementes coletadas antes ou depois desse estágio podem não sobreviver por muito tempo quando conservadas.

412

Quais são as características que podem indicar se as sementes atingiram o ponto de maturidade fisiológica e já podem ser coletadas para fins de conservação?

Usualmente, as características morfológicas de frutos e sementes são as mais utilizadas para indicar se as sementes atingiram a maturação fisiológica. As características são:

- Mudanças na coloração dos frutos.
- Mudanças de cor na testa das sementes.
- Rachaduras ou abertura dos frutos.
- Barulho ao chacoalhar os frutos.
- Sementes que estão duras ou secas.
- Sementes já dispersadas.

413

Para fins de conservação, quais cuidados devem-se ter após a coleta das sementes?

Devem-se identificar as amostras com cuidado e executar os procedimentos para a secagem das sementes. Sementes maduras extraídas de frutos secos devem ser acondicionadas em embalagens de tecido ou em sacos de papel e sementes procedentes de frutos carnosos devem ser mantidas em embalagens de papel, para o transporte, e mantidas em local fresco e ventilado. Nunca se devem embalar as sementes coletadas em sacos plásticos. Mesmo quando as sementes estão maduras, seu conteúdo de água no momento da coleta pode estar alto o suficiente para que exista risco de deterioração por envelhecimento ou ação de microrganismos. Por isso, devem-se utilizar embalagens permeáveis, para que haja troca de umidade com o ambiente. Sementes secas podem necessitar ser protegidas à noite, ou em caso de ocorrência de chuvas, o que eleva a umidade relativa. Sementes úmidas precisam ser secas o mais rápido possível.

414

Como secar sementes em condições de campo?

Se as sementes estiverem em frutos frescos, deve-se remover a maior quantidade possível de polpa dos frutos, utilizando-se uma peneira e água corrente. Deixar as sementes secarem ao ar em uma peneira fina, ou em papel de filtro, antes de empacotá-las. Se as condições ambientais não forem apropriadas para a secagem, usar um dessecante, como sílica gel ou qualquer substância higroscópica (sementes secas de arroz ou milho, carvão). Se as sementes estiverem

muito úmidas, é melhor secá-las por 2–3 dias, em condições ambientais, antes de usar o dessecante. Isso pode ser feito mesmo em ambientes diurnos, com umidade relativa alta (70%–80%). Uma vez que uma grande massa de água tenha sido removida, transferir as sementes para um recipiente selado com o dessecante. Usar a uma proporção de 1:1 (sílica gel: sementes). Para secar sementes no mesmo nível, usando-se carvão, usar a taxa de peso de 1:3 (carvão: sementes).

415

Podem-se armazenar sementes tratadas com produtos químicos?

O efeito do tratamento químico sobre as sementes armazenadas é bastante controverso. Alguns produtos, quando aplicados isoladamente ou em combinação, podem, em determinadas situações, ocasionar redução na qualidade fisiológica das sementes, por causa do efeito de fitotoxicidade. A resposta ao tratamento depende da cultivar e do período de armazenamento. O potencial de armazenamento das sementes tratadas também pode ser reduzido em sementes trincadas, que apresentam uma maior sensibilidade ao tratamento químico.

416

Quais são os tratamentos químicos permitidos em sementes que serão conservadas em temperaturas subzero?

Os bancos de germoplasma têm por finalidade garantir, por médio ou longo prazos, a integridade fisiológica e genética do germoplasma. Há evidências de que sementes previamente tratadas com compostos químicos sofrem mutação gênica durante a conservação. Um tratamento permitido é a fumigação ou o expurgo com gás de fosfina. Entretanto, a fumigação com o gás de brometo de metila não é aconselhável, por causar danos fisiológicos, como perda de germinabilidade e vigor das sementes.

417 No que consiste o expurgo ou a fumigação das sementes?

A operação de expurgo consiste em colocar as sementes em ambiente hermético, no qual é introduzido o fumigante para controlar tanto o inseto adulto quanto as formas jovens (ovo, larva e pupa). O fumigante não deve ser fitotóxico para não prejudicar o poder germinativo e o vigor das sementes. A fosfina tem tido bastante eficiência no controle de insetos, possibilitando seu uso em sementes com conteúdo de água variado, e não tem causado prejuízo ao potencial fisiológico das sementes.

418 Quais são os prejuízos que os insetos causam às sementes durante o armazenamento?

Os insetos consomem os tecidos de reserva e o embrião das sementes, provocando a perda de matéria seca indispensável a seu metabolismo. Além disso, podem transportar os microrganismos que vão contaminar as sementes armazenadas.

419 Sementes de acessos conservados podem apresentar maior incidência fúngica na monitoração do que na avaliação inicial?

Verifica-se que as condições de conservação que mantêm as sementes viáveis são igualmente favoráveis à manutenção da viabilidade dos fungos. Pode ocorrer a seguinte situação: na avaliação inicial do acesso, antes de sua conservação, as condições adotadas para o teste de germinação podem não ter sido adequadas à esporulação e ao desenvolvimento de fungos associados às sementes. Porém, durante a monitoração, as condições do teste de germinação podem ter sido propícias à esporulação e ao desenvolvimento fúngico. Nesse caso, a incidência fúngica será maior na monitoração que no teste inicial de germinação.

420

Por que o germoplasma-semente deve ser acondicionado em embalagem que garanta a impermeabilidade e a hermeticidade?

A impermeabilidade da embalagem impede a absorção de umidade pelas sementes. O aumento do conteúdo de água das sementes durante a conservação acelera o processo de degradação. O ambiente anóxico criado durante a selagem hermética das embalagens confere condições de impermeabilidade ao oxigênio. A presença de níveis variáveis de oxigênio, durante a conservação, acelera a perda de viabilidade das sementes por processos oxidativos.

421

Como escolher a embalagem a ser utilizada para acondicionar sementes para o armazenamento?

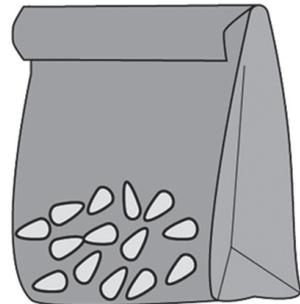
A decisão sobre o tipo de embalagem deve levar em consideração alguns aspectos, como: as condições climáticas sob as quais as sementes vão permanecer armazenadas até a época da semeadura; a modalidade de comercialização da semente em questão e as características mecânicas da embalagem e sua disponibilidade no comércio. Para a comercialização das sementes, a embalagem deve conter as características do produto e informações para sua utilização.

422

Como são classificadas as embalagens utilizadas para acondicionar as sementes?

As embalagens são classificadas de acordo com o grau de permeabilidade ao vapor de água que apresentam, podendo ser:

- Porosas: aquelas permeáveis à umidade, permitindo uma livre troca de vapor de água entre a se-



mente e o ambiente circundante. Como exemplos, citam-se todas as modalidades de armazenamento a granel; embalagens de pano (algodão, juta), de polipropileno trançado e de papel.

- Semipermeáveis ou semiporosas: aquelas que permitem alguma troca de umidade entre a semente e o ambiente. São constituídas de papel multifoliado, polietileno, laminados de papel e asfalto, de papel e polietileno ou de papel revestido com material ceroso.
- Impermeáveis ou à prova de umidade: não permitem troca de umidade com o meio ambiente. Materiais como plásticos, vidros, alumínio são empregados para fabricar esses tipos de embalagem.

423

Quais as vantagens da utilização de *big bags* no setor sementeiro?

Os *big bags* são sacos industriais feitos com polipropileno, material flexível para transportar produtos em grandes volumes a granel. Proporcionam mais agilidade em todo o processo comercial e operacional, e seu uso ganha destaque em alguns setores, como no agronegócio, principalmente para transporte de sementes e insumos. Transportam volumes de 800 kg a 1.000 kg de sementes. Entre as vantagens dos *big bags*, há a possibilidade de reaproveitamento dessas embalagens, além de reduzir o número de embalagens a serem descartadas. Esse tipo de embalagem é uma tendência de mercado, porque facilita a compra de sementes por hectare, economiza na mão de obra e evita desperdícios no plantio.

424

Como ocorre o processo de secagem, tão importante para que as sementes sejam armazenadas de forma segura?

A secagem pode ser entendida como sendo o processo promotor do deslocamento de uma determinada quantidade de

água, segundo as diferenças de potencial hídrico existente, de um dado sistema para outro. Assim, ao se tratar tecnologicamente da secagem de sementes, subentende-se essa massa biológica como doadora de água e a atmosfera como receptora, ou seja, as sementes perdem água para o ambiente.

Durante a secagem, a retirada da água é obtida por sua movimentação, decorrente de uma diferença de pressão de vapor d'água entre a superfície da semente e o ar que a envolve. A condição para que um produto seja submetido ao processo de secagem é que a pressão de vapor sobre a superfície do produto semente (P_g) seja maior do que a pressão do vapor d'água no ar de secagem (P_a). Sendo assim:

- Se $P_g > P_a$: ocorrerá secagem do produto.
- Se $P_g < P_a$: ocorrerá umedecimento do produto.
- Se $P_g = P_a$: ocorrerá o equilíbrio higroscópico.

A predominância do fluxo hídrico se dará do sistema que se encontra com maior potencial para o que se encontra com menor grandeza nessa propriedade. A remoção da umidade deve ser feita a um nível tal que o produto fique em equilíbrio com o ar do ambiente onde será armazenado, a fim de preservar a viabilidade da semente.

425

Quais são os métodos de secagem que podem ser utilizados antes do armazenamento ou da conservação de sementes?

A secagem pode ser “natural”, em que as sementes são secadas essencialmente pela ação do calor do sol e do vento, como também pode ser “artificial”, com a utilização de aparelhos mecânicos, de produtos químicos, elétricos e/ou eletrônicos. O processo de secagem natural é dependente das condições climáticas e, apesar de apresentar baixo custo, é um método lento, podendo aumentar a incidência de microrganismos nas sementes. Para pequenos volumes de sementes e quando as condições climáticas permitem que haja a perda de umidade das sementes, esse método tem sido bastante utilizado. Já a secagem artificial apresenta as vantagens de permitir

a dessecação de grandes quantidades de sementes com controle da temperatura, do fluxo do ar de secagem e do tempo de exposição das sementes a essas condições, fatores fundamentais para garantir a eficiência do processo.

426

Quais são os danos de dessecação que podem ocorrer em sementes ortodoxas?

A dessecação de sementes de algumas espécies com conteúdos de água até $\leq 3\%$ (com base na massa fresca) pode resultar em danos moleculares que, geralmente, são mediados por radicais livres, sobretudo, as espécies reativas de oxigênio (*reactive oxygen species* – ROS). Há um desencadeamento de danos e lesões, iniciando-se quando as ROS atacam os ácidos graxos insaturados das membranas fosfolipídicas, o que pode provocar o processo de envelhecimento, a peroxidação lipídica que altera a permeabilidade seletiva das biomembranas do tonoplasto e do plasmalema, a redução na taxa de crescimento do eixo embrionário e a perda de germinabilidade. Em ausência de água, as sementes não conseguem reativar o sistema antioxidante, como o reparo de enzimas, o que gera o estresse oxidativo. Quando as lesões e os danos causados pela dessecação são intensos e cumulativos, há perda de viabilidade das sementes durante a conservação. Entretanto, quando as lesões e os danos não são intensos, estes podem ser revertidos por mecanismos de reparo durante a etapa de embebição do processo germinativo.

427

O que é grau de umidade da semente e como é feito seu cálculo?

O grau de umidade é a quantidade de água contida na semente em relação a sua massa total. O valor desse fator é geralmente expresso em porcentagem ou em grama com base na massa fresca (bmf) ou com base na massa seca (bms) da semente. O método-padrão para a estimativa do conteúdo de água é o da estufa a

105 °C ± 3 °C. Devem-se pesar as sementes frescas (P_i) e mantê-las em estufa a 105 °C ± 3 °C por período de 17 a 24 horas e registrar o peso obtido (P_f).

O grau de umidade da semente com base na massa fresca é estimado pela seguinte fórmula:

$$U_{mf} (\%) = [(P_i - P_f) / P_i] \times 100$$

Em que:

U_{mf} = teor de água (bmf).

P_i = peso inicial da semente.

P_f = peso final da semente.

O grau de umidade da semente com base na massa seca é estimado pela seguinte fórmula:

$$U_{ms} (\%) = [(P_i - P_f) / P_f] \times 100$$

Em que:

U_{ms} = teor de água (bms).

P_i = peso inicial da semente.

P_f = peso final da semente.

A conversão do grau de umidade (bmf) em grau de umidade (bms) é feita mediante a seguinte fórmula:

$$U_{ms} = [U_{mf} / (100 - U_{mf})] \times 100$$

A conversão do grau de umidade (bms) em grau de umidade (bmf) é feita adotando-se a seguinte fórmula:

$$U_{mf} = [U_{ms} / (100 + U_{ms})] \times 100$$

428

Como determinar o grau de umidade ideal para o armazenamento e a conservação de sementes?

O grau de umidade é a característica da semente que mais está associada à deterioração. De maneira geral, as sementes devem

ser mantidas com 10% a 13% de umidade para o armazenamento por aproximadamente 8 meses, e, para espécies com sementes lipídicas, os valores são mais baixos. Mesmo para sementes ortodoxas, existem limites de conteúdos de água, abaixo dos quais a deterioração também é acentuada. Para as sementes recalcitrantes, a maioria é armazenada com teor de água superior a 30%.

Segundo as recomendações adotadas mundialmente por bancos convencionais de germoplasma, as sementes devem estar com conteúdo de água que varia de 3% a 7% (com base na massa fresca). Tais recomendações restringem-se às espécies agrícolas, hortícolas, frutíferas, ornamentais tradicionalmente cultivadas. Entretanto, não há recomendações específicas para sementes de espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas não domesticadas, sobretudo aquelas de origem tropical. Mesmo que a tolerância à dessecação varie entre espécies e genótipos da mesma espécie, tem sido observado que há uma faixa de conteúdo de água apropriada ($\leq 7\%$ a $\leq 10\%$) para a conservação de sementes de espécies tropicais não domesticadas, independentemente da temperatura subzero a que são expostas.

Para determinar o grau de umidade ideal para a conservação de sementes, recomenda-se fazer a curva de desidratação das sementes acompanhada por teste de germinabilidade ou de viabilidade para cada grau de umidade obtido e para cada temperatura de conservação desejada. Dessa forma, é possível estabelecer o conteúdo crítico de água em que se inicia o decréscimo marcante da germinabilidade ($\geq 50\%$), o conteúdo letal de água caracterizado pela perda total da viabilidade e o conteúdo ideal de água ou a faixa ideal do conteúdo de água para o congelamento das sementes em temperaturas subzero.

429 Quais são os princípios básicos da criopreservação?

Os princípios básicos da criopreservação visam assegurar maior sobrevivência às estruturas congeladas. Assim, tem-se como primeiro princípio em que a proporção de danos de

congelamento depende da quantidade de água livre no sistema e da capacidade de cristalização dessa água durante o congelamento e o descongelamento. Como segundo princípio, observa-se que, para cada tipo de célula ou sistema multicelular complexo, há um conjunto de fatores intrínsecos e extrínsecos para a conservação eficiente e exitosa.

430

Quais são os danos de congelamento em temperatura de $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$?

Os danos de congelamento estão associados ao conteúdo de água da semente e à taxa de congelamento inapropriados. Há uma sequência de danos mecânicos, moleculares e metabólicos que alteram as estruturas da célula, podendo resultar em sua morte. O principal dano é a formação de cristais de gelo. Durante a formação desses cristais, progressivamente, aumentam as concentrações dos solutos celulares. A água extracelular é removida e, como consequência, verificam-se aumento das concentrações de sais, cristalização dos tampões salinos, mudanças do potencial iônico celular e do sistema coloidal intracelular. Ocorrem desequilíbrio osmótico e desidratação celular com retração dos componentes das membranas fosfolipídicas do plasmalema alterando suas conformações, seguindo-se pela ruptura dessas membranas e finalizando com a morte celular. Tais tipos de danos têm sido evidenciados também quando há formação de cristais de gelo intracelulares.

431

Quais são os danos de descongelamento em sementes conservadas em temperatura de $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$?

Os danos de descongelamento estão associados ao conteúdo de água da semente e à taxa de descongelamento inapropriados. Durante o descongelamento, a água livre presente nas células pode congelar-se, antes que o equilíbrio entre a temperatura da semente e a temperatura ambiente seja alcançado. Com o aumento da

temperatura da semente, os cristais de gelo de tamanho inócuo, formados durante o congelamento, podem crescer causando rompimento de membranas celulares e destruição das células. De maneira geral, o descongelamento rápido evita a cristalização. Entretanto, a velocidade de descongelamento é específica para cada espécie.

432

Como saber se o local escolhido é adequado para armazenar as sementes?

Conhecendo os mecanismos de transferência de umidade entre as sementes e o ambiente onde ela se encontra. O grau de umidade final alcançado pelas sementes num determinado ambiente se chama grau de umidade de equilíbrio e está diretamente relacionado a sua secagem e a seu armazenamento, permitindo determinar se o produto ganhará ou perderá umidade, segundo as condições de temperatura e umidade relativa do ar. Sendo assim, dependendo da umidade relativa do ar e da temperatura do ambiente, as sementes vão perder ou ganhar umidade até atingir a umidade de equilíbrio. Assim, é necessário saber se essa umidade de equilíbrio estará adequada para conservar essas sementes.

433

É possível armazenar as sementes em condições naturais, ou seja, não refrigeradas?

Sim, é possível, mas vai depender das condições climáticas da região. Por exemplo, na região de Brasília, existe a possibilidade de armazenamento em condições naturais por alguns meses por apresentar temperaturas médias menores que 25 °C. Porém, a partir do mês de outubro, época que inicia o período das chuvas, há a elevação da umidade relativa do ar, contribuindo para a aceleração do processo deteriorativo das sementes. No entanto, deve-se atentar para as variações climáticas entre os anos, mesmo em regiões com estação fria e seca bem definida.

434 Como armazenar as sementes até o momento do plantio?

Dependendo da região, mesmo tendo uma estrutura razoável, atentar para as condições climáticas quando as sementes chegarem a sua propriedade. Geralmente a época de plantio coincide com a época das chuvas, ocasião em que a temperatura e a umidade do ar são mais elevadas. Se não tiver como armazenar as sementes em condições climatizadas, não as deixe por muito tempo no seu galpão. Caso o ambiente não seja climatizado, o ideal seria que o ambiente da sua propriedade fornecesse condições de umidade relativa do ar até 70% e temperatura em torno de 25 °C. O galpão deve ser ventilado, isento de insetos e roedores. As sementes, independentemente de como foram embaladas, não devem ser colocadas diretamente no chão e nem encostadas nas paredes do galpão, para permitir circulação do ar e evitar contaminação por patógeno. Em locais sem controle de umidade e temperatura, não acondicione as sementes em locais que ela não consiga respirar, como sacos e caixas plásticas, lonas e outros materiais semipermeáveis ou impermeáveis.

435 Refrigeradores domésticos podem ser utilizados para o armazenamento das sementes?

Sim. Refrigerador doméstico (geladeira) pode ser utilizado para armazenar as sementes. Normalmente, se a temperatura permanece a 10 °C, a umidade relativa do ar deverá estar a 40%. Na falta de um refrigerador, as sementes devem ser armazenadas em local fresco e seco.

436 Quais são os tipos de estruturas utilizados para o armazenamento de sementes?

O tipo de estrutura de armazenamento a ser utilizado vai depender da espécie e de sua importância, de quanto tempo essas

sementes vão ficar armazenadas e da disponibilidade financeira. Consideradas a variação climática brasileira e, principalmente, as regiões naturalmente desfavoráveis ao armazenamento das sementes, o ideal seria o fornecimento de condições artificiais adequadas ao armazenamento. Assim, são encontrados os seguintes tipos de estruturas de armazenamento:

- Armazenamento a granel: a armazenagem de sementes a granel é feita, preferencialmente, em silos cilíndricos metálicos. Essas unidades armazenadoras a granel devem possuir ventiladores para resfriar a massa de sementes.
- Armazenamento em sacos: as sementes permanecerão ensacadas durante seu armazenamento em pilhas, em locais conhecidos como armazéns, que são, geralmente, de alvenaria, mas, caso seja de ferro galvanizado ou de zinco, atentar para o isolamento térmico.
- Armazenagem sob condições de ambiente controlado: as condições ambientais podem ser modificadas por meio de um sistema de refrigeração e/ou desumidificação, permitindo o armazenamento das sementes a baixas temperaturas e/ou baixa umidade relativa do ar, respectivamente.

437

Quais fatores bióticos e abióticos podem influenciar no armazenamento das sementes?

Entre os fatores bióticos, podem ser citados os insetos pertencentes às ordens Coleoptera (besouros) e Lepidoptera (traças) e os fungos de armazenamento dos gêneros *Penicillium* spp. e *Aspergillus* spp., que proliferam com maior frequência. A infestação de grãos, frequentemente iniciada no campo, pode encontrar condições propícias ao desenvolvimento de traças e gorgulhos nos armazéns. As inspeções de galpões ou armazéns devem ser periódicas, pois a descoberta, em tempo hábil, da presença de insetos é importante para o controle da praga. Em climas temperados, durante os meses mais quentes, e em climas tropicais, durante todo o ano, são

necessárias inspeções a cada 2 semanas, a fim de descobrir as infestações em estágio incipiente.

Com relação aos fatores abióticos, a umidade e a temperatura são bastante importantes. A manutenção das sementes com conteúdo de água elevado causa aumento na atividade respiratória, que, influenciada pela temperatura, contribui para a aceleração do processo deteriorativo, por causa da aceleração da atividade metabólica, determinando acréscimo do consumo de reservas das sementes e liberação de calor e água.

438

Quais produtos naturais podem ser usados para evitar a presença de insetos e microrganismos durante o armazenamento?

Em recipientes como garrafas PET, frascos de vidro e outros vasilhames contendo sementes ou grãos, colocam-se pimenta-malagueta seca (*Capsicum frutescens* L.), pimenta-do-reino moída (*Piper nigrum* L.), cravo-da-índia [*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M.Perry], canela em pau (*Cinnamomum verum* J. Presl.), alecrim seco (*Rosmarinus officinalis* L.) ou outra planta medicinal, casca seca de laranja ou laranja-cravo (*Citrus* spp.), ou dentes de alho (*Allium sativum* L.), pois tais produtos impedem o desenvolvimento de insetos e a proliferação bacteriana ou fúngica, durante o armazenamento. Esses produtos são misturados quando as sementes e os grãos são acondicionados nos recipientes para o armazenamento. Em seguida, os recipientes devem ser bem vedados e mantidos em condições usuais de armazenamento.

9 Amostragem de Semente



*Antonieta Nassif Salomão
Izulmé Rita Imaculada Santos*

439 O que é amostragem de sementes?

A amostragem de sementes é o processo de obtenção de uma amostra representativa de um lote de sementes, com tamanho adequado para os testes de avaliação da qualidade fisiológica, genética, física e sanitária, para fins de fiscalização e comercialização do produto. A amostragem deve ser feita de maneira criteriosa, com base na finalidade da amostra a ser retirada, na homogeneização das sementes, na divisão e no preparo das amostras que compõem o lote, para que os resultados sobre a qualidade das sementes sejam acurados e reproduzíveis.

A amostragem pode ser realizada em distintas etapas que requerem a avaliação da qualidade da semente, ou seja, desde a obtenção, a produção, o recebimento, o beneficiamento, a análise, o armazenamento, a fiscalização e a comercialização.

440 O que é um lote de sementes e como é feita sua identificação?

Um lote de sementes é uma quantidade definida de sementes de uma espécie, variedade ou cultivar, da mesma procedência, coletadas de um indivíduo ou de uma população, ou ainda de um campo de produção. Essa quantidade de sementes possui características físicas, genéticas, fisiológicas e sanitárias consideradas homogêneas e uniformes, dentro da tolerância permitida.

A identificação do lote é única e feita por algarismo, letra ou pela combinação entre letra e algarismo, sendo cada porção uniforme e homogênea para os itens descritos em sua identificação única, dentro dos limites de tolerâncias permitidas.

441 Por que a amostragem de sementes de um lote deve ser representativa?

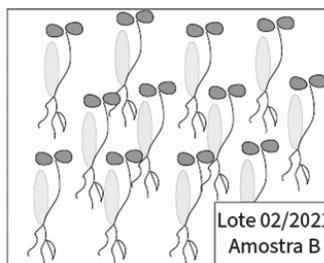
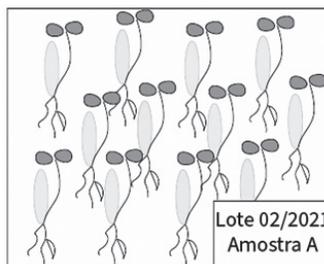
A amostragem de sementes deve ser representativa porque dará estimativas confiáveis sobre os parâmetros físicos (pureza,

teor de água, tamanho, peso de mil sementes, danos), a qualidade fisiológica (germinação e vigor) e sanitária, entre outros, testados para o lote. Os resultados obtidos nessas análises poderão ser validados para todo o lote, evitando, assim, perdas ou descarte de material de boa qualidade, por causa de amostragens incorretas.

442

Como é possível testar a representatividade da amostragem de um lote?

Uma maneira prática de testar a representatividade da amostragem é, por exemplo, conduzir o teste de germinação com duas amostras retiradas de pontos diferentes do mesmo lote. Se, ao final do teste, as duas amostras apresentarem valores de germinação iguais ou sem diferença estatística significativa, considera-se que a amostragem do lote foi representativa.



443

A quem compete fazer a amostragem de sementes de um lote?

A amostragem de sementes de um lote, de acordo com sua finalidade, pode ser realizada por distintos profissionais.

Para a identificação de sementes sob processo de certificação, a reavaliação de testes de germinação e viabilidade, bem como para o exame de sementes infestadas de sementes certificadas, a amostragem pode ser feita por responsável técnico da entidade de certificação ou por responsável técnico do certificador de produção própria, ou ainda pelo amostrador contratado pela entidade de certificação ou certificador de produção própria. Entretanto, se a certificação de sementes for realizada pelo Ministério da Agricultura

e Pecuária (Mapa), compete à auditoria fiscal desse ministério realizar a amostragem. Em sementes não certificadas, a amostragem pode ser feita por responsável técnico contratado pelo produtor ou pelo reembalador, ou sob supervisão de amostrador contratado pelo produtor ou pelo reembalador. Caso o responsável técnico do produtor ou do reembalador não possa fazer a amostragem, esta será feita por amostrador ou responsável técnico credenciado pelo Mapa, à custa do detentor das sementes.

Para fins de fiscalização da produção e do comércio, a amostragem é feita sob a responsabilidade da auditoria fiscal do Mapa ou por agente público qualificado dos estados ou do Distrito Federal (fiscal federal agropecuário), ou por engenheiro-agrônomo ou engenheiro florestal, quando executada por outro ente público.

444

Por que a homogeneidade e a uniformidade são atributos importantes para o lote de sementes?

Porque quanto mais homogêneo e uniforme for o lote de sementes, maior a probabilidade de se obter uma amostra com os mesmos componentes e na mesma proporção em que existem no lote.

445

Todo lote de sementes é inteiramente homogêneo e uniforme?

Nenhum lote de sementes é inteiramente homogêneo e uniforme. Segundo a International Rules for Seed Testing – Ista (International Rules for Seed Testing, 2020), qualquer lote de sementes é considerado “razoavelmente uniforme”. Isso, porque há alguns fatores que podem contribuir para a heterogeneidade das sementes que compõem o lote. Por exemplo, as variações decorrentes das características individuais ou intrínsecas das sementes (estádio de maturação, tamanho, forma, massa, teor de água, infestação, etc.) podem resultar em heterogeneidade do lote. As alterações

das condições do local de armazenamento do lote (temperatura, umidade relativa, luminosidade, infestação por insetos) ou mesmo a influência dessas condições, em maior ou menor intensidade, dependendo da localização das sementes dentro do lote, podem comprometer a qualidade fisiológico-sanitária das sementes e, conseqüentemente, suas homogeneidade e uniformidade.

446 O que é lote de sementes contaminado?

O lote de sementes contaminado é aquele que contém sementes da mesma espécie, porém, de cultivares distintas ou sementes de outras espécies, de plantas silvestres, de ervas daninhas e sementes infectadas por pragas.

447 Por que são conduzidos testes para a análise de sementes de um lote?

Testes para a análise de sementes são conduzidos para:

- Identificar a qualidade fisiológica e sanitária do lote para a comercialização, armazenamento, cultivo ou descarte.
- Estabelecer critérios para a compra, venda, etiquetagem e fiscalização do comércio.
- Determinar a pureza física quanto à presença de insetos, detritos, materiais inertes, sementes quebradas, predadas, chochas e outras espécies de plantas.
- Determinar a pureza genética do lote quanto à exatidão da espécie, variedade ou cultivar.
- Prover informações para o melhoramento genético e para a pesquisa.

448 Quais são os quesitos necessários para que um lote de sementes seja considerado de alta qualidade?

Os quesitos necessários para que um lote seja considerado de alta qualidade são:

- Pureza genética: o lote apresenta exatidão de espécie, variedade, cultivar.
- Pureza física: o lote não contém detritos, materiais inertes, sementes quebradas, chochas, contaminadas por patógenos, predadas.
- Qualidade fisiológica: o lote apresenta alta germinação e alto vigor.

449

O tamanho máximo do lote e a massa mínima da amostra média podem variar entre as espécies?

Sim. De acordo com a espécie, há variações entre o tamanho máximo do lote e a massa da amostra média. Para sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L.), o tamanho máximo do lote é de 30.000 kg e a massa mínima da amostra média é de 1.000 g. Sementes de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden) têm os valores de 1.000 kg (tamanho máximo do lote) e 15 g (massa mínima da amostra média), enquanto para pau-terra-de-folha-larga (*Qualea grandiflora* Mart.) esses valores são de 250 kg e 560 g, respectivamente (Brasil, 2013; Lima Junior et al., 2015).

450

Há recomendações e procedimentos específicos para o preparo de lotes e a amostragem de suas sementes?

Sim. As recomendações e os procedimentos para o preparo de lotes e a amostragem de sementes determinados pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) estão descritos na Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003, e seu regulamento, estabelecido pelo Decreto nº 10.586, de 18 de dezembro de 2020, o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças (SNSM), Capítulo V Da amostragem e da análise de sementes e mudas, seção I e seção II (Brasil, 2020), nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), *Instruções para Análise de Sementes Florestais* (Brasil, 2013), em Lima Júnior et al. (2015) e International Rules for Seed Testing (2020).

451 O que é uma amostra de semente?

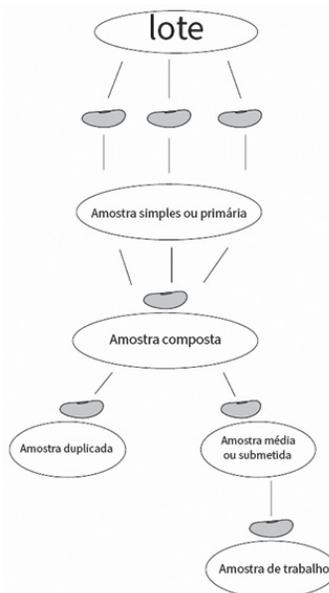
Amostra de semente é uma quantidade ou porção representativa do lote, do qual foi retirada e que possui, na mesma proporção, as características morfológicas, fisiológicas e sanitárias do lote. O tamanho da amostra deve ser adequado para as análises de acordo com as variáveis a serem avaliadas, as normas e os padrões de identidade e qualidade estabelecidos em regulamento ou lei.

452 O que é uma subamostra?

A subamostra de sementes é uma porção definida da amostra obtida pela redução da amostra de trabalho. A subamostra pode ser considerada como a unidade experimental.

453 Quais são os tipos de amostras que podem ser retiradas de um lote de sementes?

- Amostra simples ou amostra primária é uma pequena porção de sementes retirada aleatoriamente de diferentes recipientes que contêm o lote de sementes ou de distintos pontos do lote.
- Amostra composta é a amostra formada pela combinação e mistura de todas as amostras simples ou primárias retiradas do lote de sementes.
- Amostra média ou submetida é a amostra obtida pela redução da amostra composta e que é enviada ao laboratório para ser analisada.



- Amostra duplicata é a amostra obtida da amostra composta e nas mesmas condições da amostra média e identificada como “Amostra Duplicata”, destinada à reanálise.
- Amostra de trabalho é a subamostra da amostra média obtida no laboratório, sendo a porção de sementes com a qual serão feitos os testes.
- Amostra oficial é a retirada por fiscal para fins de análise de fiscalização.

454 O que é reanálise?

Reanálise é a análise de sementes em nova amostra ou na amostra duplicada de um mesmo lote, com vistas à revalidação de testes de germinação ou de viabilidade ou ao exame de sementes infestadas.

455 Por que pode haver variações nos resultados da análise da mesma amostra ou entre amostras de um mesmo lote?

Vários fatores podem contribuir para que haja variações de resultados da análise de uma mesma amostra ou entre amostras de um mesmo lote:

- Variabilidade das sementes de um mesmo lote por causa das condições de solo, clima, presença de pragas e de plantas daninhas durante seu desenvolvimento e maturação, bem como do manuseio inadequado desde a colheita, debulha, secagem e até o processamento das sementes.
- Heterogeneidade entre as sementes por causa da combinação inadequada de sublotes, da segregação ou estratificação dos componentes do lote dentro dos recipientes durante limpeza, enchimento, transporte e armazenamento e da variação genética entre sementes do mesmo lote.
- Métodos de amostragem diferentes (manual, instrumental, automática); variações nos tamanhos dos provadores e dos

instrumentos de amostragem, amostragem não representativa do lote; falta de seletividade aleatória e de eficiência para a divisão de amostras.

- Diferenças de tamanho, gravidade específica e forma de sementes individuais.
- Deterioração das sementes em decorrência da variação de umidade em distintas partes do lote.

456

Como são emitidos os resultados das análises de sementes feitas por laboratórios de análise de sementes credenciados e não credenciados pelo Ministério da Agricultura e Pecuária?

Os resultados de controle de qualidade e identificação de lotes obtidos em laboratório de análise de sementes, credenciado pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa), são emitidos em *Boletim de Análise de Sementes* (Brasil, 2020b). Os resultados de análise de uma amostra oficial obtidos por Laboratório Oficial de Análise de Sementes (Laso) do Mapa ou por ele credenciado são emitidos em *Boletim Oficial de Análise de Sementes*, sendo somente emitido para as espécies constantes do escopo de credenciamento do laboratório (Brasil, 2020b).

Os resultados de análise dos lotes de sementes de espécies florestais ou de interesse ambiental ou medicinal feita por laboratório credenciado no Registro Nacional de Sementes e Mudanças (RenaseM) ou por laboratórios de análise não credenciados que trabalham exclusivamente com as espécies florestais são emitidos em *Boletim de Análise* (Brasil, 2020a).

Referências

BRASIL. Decreto nº 10.586, de 18 de dezembro de 2020. Regulamenta a Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003 que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças. **Diário Oficial da União**: seção, 1. edição 243, p. 2, 21 dez. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/>

insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas. Acesso em: 23 set. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 17, de 26 de abril de 2017. **Diário Oficial da União**: seção 1, edição 81, p. 6, 28 abr. 2017. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/20186073/do1-2017-04-28-instrucao-normativa-n-17-d. Acesso em: 10 nov. 2020a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 40, de 30 de novembro de 2010. **Diário Oficial da União**, 1 dez. 2010. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/INN40de30denovembrode2010.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2020b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para análise de sementes de espécies florestais**. Brasília, DF, 2013. 97 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 2009. 399 p. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf. Acesso em: 10 nov. 2020.

INTERNATIONAL RULES FOR SEED TESTING. **Chapter 2: Sampling**, n. 1, v. 52, p. i–2-44 2020. DOI: 10.15258/istarules.2020.02.

LIMA JÚNIOR, M. de J. V.; MARTINS, C. C.; GROTH, D.; LOPES, M. T. G. Amostragem e pureza de sementes florestais. In: PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B.; SILVA, A. da. (org.). **Sementes florestais tropicais: da ecologia à produção**. Londrina: Abrates, 2015. p. 289-307.

10 Marco Regulatório de Sementes e Mudas



*Mônica Cibele Amâncio
Juliano Gomes Pádua*

457

O que é marco regulatório e de que ele é formado?

Em um sistema de economia liberal, como é o do Brasil, as atividades econômicas são exercidas livremente, de preferência pelo setor privado. Mas existem determinadas atividades em que é preciso uma atuação mais direta do Estado, para garantir que haja um equilíbrio entre os interesses privados e os interesses da sociedade em geral. Uma das principais maneiras de o Estado atuar sobre essas atividades é por meio do estabelecimento de um conjunto de normas, leis e diretrizes para regular o seu funcionamento. Esse conjunto de normas, leis e diretrizes é o que se denomina de “marco regulatório”.

No caso do mercado de sementes e mudas, o marco regulatório é responsável pela criação de um ambiente que garanta aos agricultores o acesso a sementes e mudas de boa qualidade, de modo a aumentar a produtividade agrícola e a oferta de alimentos, em benefício de toda a sociedade.

As leis são um dos principais componentes de um marco regulatório, mas não os únicos. Fazem parte de um marco regulatório, também, todas as políticas públicas editadas por um governo para aquele determinado setor, como a política agrícola brasileira. Além disso, também há todo um conjunto de normas que são chamadas de “infralegais”, ou seja, aquelas que estão hierarquicamente abaixo das leis, como as normas técnicas editadas pelos órgãos responsáveis pela organização do setor regulado.

458

Quais são as principais legislações que compõem o marco regulatório de sementes e mudas no País?

O marco regulatório de sementes e mudas no Brasil inclui as regras para a produção e comercialização desses insumos agrícolas (legislação de sementes e mudas); as regras de proteção intelectual de variedade de plantas, chamadas “cultivares” (legislação de proteção de cultivares); as regras específicas para assuntos relacionados de interesse, como as plantas transgênicas (legislação de biossegurança)

e a biodiversidade brasileira (legislação de acesso a recursos genéticos), entre outras. Tudo isso constitui o marco regulatório de sementes e mudas no Brasil e tem influência, de uma forma ou de outra, na vida do agricultor no País, sendo tão importante conhecer um pouco mais sobre o assunto.

Além das leis específicas sobre esses assuntos já mencionados, compõem ainda o marco regulatório de sementes e mudas os decretos regulamentadores dessas leis e as normas técnicas dos órgãos a elas relacionados, como o Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa); o Sistema Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC/Mapa) e o Registro Nacional de Cultivares (RNC/Mapa); a Comissão Nacional de Biossegurança (CTNBio) e o Conselho de Gestão do Patrimônio Genético (CGEN), entre outros.

459

O que todas estas leis e regulamentos que compõem o marco regulatório de sementes e mudas têm em comum?

Todas essas leis e seus regulamentos foram editados pelo legislador brasileiro com o objetivo de criar no País um ambiente que concilie o estímulo às atividades econômicas pelo setor produtivo no agronegócio brasileiro, com as expectativas e interesses do mercado consumidor.

460

Para que servem as regras de proteção de cultivares?

O desenvolvimento da agricultura mundial está fortemente relacionado ao desenvolvimento de novas tecnologias para o setor. No caso específico das sementes e mudas, existem empresas públicas e privadas que se dedicam à obtenção de novas variedades de plantas, chamadas de “cultivares”, cada vez mais adequadas para atender às necessidades dos agricultores, por exemplo, uma soja com maior produtividade ou resistente à determinada praga. Essas novas variedades são obtidas no âmbito dos chamados programas de melhoramento genético. Sendo um processo longo, levam-se anos até a obtenção de uma nova variedade com a característica desejada

pelo mercado, e com custos elevados. As cultivares obtidas dentro de um programa de melhoramento são resultado de um trabalho intelectual da mente humana, e, como tal, se atendidos determinados critérios, elas podem ser protegidas por meio de direitos conhecidos como “direitos de propriedade intelectual”. Outros exemplos de resultados do trabalho intelectual que podem ser protegidos por direitos de propriedade intelectual são as patentes, as marcas, as indicações geográficas, os direitos autorais, entre outros.

461 Como funciona a proteção de cultivares no Brasil?

No Brasil, temos uma lei específica para proteger aquelas cultivares geradas nos programas de melhoramento genético e que atendam aos critérios por ela criados. É a Lei de Proteção de Cultivares, editada em 1997 e ainda vigente. Ela permite que uma nova variedade cultivada de planta possa ser protegida no País por aquele que pesquisou e desenvolveu essa nova variedade, o chamado obtentor. Uma vez protegida, somente o obtentor da nova cultivar pode produzir e comercializar o seu material propagativo, ou seja, as suas sementes ou mudas. O obtentor pode também autorizar que outra pessoa faça isso, cobrando um valor específico para tanto, valor este conhecido como “royalties”, o que torna interessante para o obtentor investir cada vez mais no desenvolvimento de novas cultivares.

Assim, a proteção intelectual das cultivares é necessária para estimular que novos investimentos continuem sendo feitos para a pesquisa e desenvolvimento de novas cultivares, cada vez mais adaptadas aos interesses do agricultor, o que garante a geração de novas tecnologias para manter o sucesso do agronegócio brasileiro.

462 Uma semente ou muda pode ser patenteada?

No Brasil, não pode. Como dito, “patente” é uma das formas de propriedade intelectual sobre o resultado de um trabalho intelectual e sua proteção segue o disposto na Lei de Propriedade Industrial

(Lei nº 9.279/1996) (Brasil, 1996). Mas, no Brasil, a proteção intelectual sobre sementes e mudas tem uma lei específica só para ela, que é a Lei de Proteção de Cultivares (Lei nº 9.456/1997) (Brasil, 1997). Por lei, não se podem ter duas proteções intelectuais para uma mesma criação da mente humana, sendo que o legislador brasileiro preferiu adotar para sementes e mudas a proteção por cultivares e não por patentes. Já em outros países, os legisladores preferiram adotar somente a proteção por patentes e não a de cultivares. Isso, porque cada país é livre para escolher o melhor sistema de proteção intelectual de sementes e mudas no seu território. Assim, no nosso país, uma semente ou muda não pode ser patenteada, mas, sim, protegida na forma de cultivar.

463 O que é preciso para proteger uma cultivar?

Para proteger uma cultivar, é preciso que aquele que a desenvolveu, ou seja, o obtentor, comprove que aquela variedade de planta atende aos seguintes requisitos legais:

- Ser claramente distinta, homogênea e estável das demais cultivares existentes, o que é comprovado pelo chamado Teste DHE: a) Distinta (diferente de outras existentes na data do pedido de proteção), b) Homogênea (quando plantada em escala comercial não pode apresentar variação entre uma planta e outra na lavoura) e c) Estável (não pode variar de características de uma geração para outra).
- Ser nova, sendo que novidade, no caso das cultivares, são aquelas que não foram oferecidas à venda ou comercializadas no exterior há mais de 4 anos (no caso de videiras e árvores, o prazo aumenta para 6 anos) ou não foram oferecidas à venda ou comercializadas no Brasil há mais de 12 meses.

A relação de cultivares protegidas no Brasil é divulgada pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa), a qual pode ser consultada no link⁴.

⁴ Disponível em: http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_protegidas.php.

464 Todas as espécies de plantas são passíveis de proteção por cultivar?

Não. Para ser protegida por cultivar no Brasil, uma determinada espécie de planta deve ter as instruções para realizar o teste DHE previamente divulgadas pelo órgão de proteção de cultivares, ou seja, o Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC), vinculado ao Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa). O SNPC atualiza continuamente a lista de espécies passíveis de proteção no Brasil e essa lista pode ser consultada mediante o link⁵.

465 A proteção de uma cultivar dura para sempre?

Não. Esta é a lógica do sistema de propriedade intelectual: o Estado concede ao inventor/obtentor o direito de proteção do resultado de um trabalho intelectual por um determinado de tempo, mas somente o suficiente para que ele obtenha retorno dos investimentos que foram feitos para o desenvolvimento da tecnologia. Após esse período, o direito desaparece e a tecnologia cai no chamado “domínio público”, em que qualquer pessoa pode copiá-la e utilizá-la livremente, sem pagar nada.

No caso das cultivares, a proteção de uma cultivar dura 15 anos, a partir da data de concessão do chamado “Certificado Provisório de Proteção”, que é o documento oficial de propriedade intelectual emitido pelo SNPC. No caso de árvores e videiras, esse prazo aumenta para 18 anos, pois o prazo de multiplicação dessas sementes e mudas é maior do que as outras espécies.

466 Existem exceções aos direitos de proteção das cultivares?

Sim, existem. São aquelas situações previstas na lei em que o agricultor pode utilizar as sementes ou mudas de uma cultivar protegida sem pagar nada ao obtentor. São elas:

⁵ Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/protacao-de-cultivar/formularios-para-protacao-de-cultivares>.

- O agricultor reserva sementes de sua colheita para plantio em seu estabelecimento ou estabelecimento sob sua posse na safra seguinte, prática conhecida como “uso próprio”.
- O agricultor usa ou vende o produto obtido do seu plantio como alimento ou matéria-prima para a indústria, exceto para fins reprodutivos.
- Qualquer pessoa usa a cultivar protegida como fonte de variação em programa de melhoramento genético ou na pesquisa científica.
- A multiplicação de sementes seja feita por pequenos produtores rurais para doação ou troca com outros pequenos produtores, no âmbito de programas de financiamento ou apoio conduzidos por órgãos públicos ou organizações não governamentais, autorizados pelo poder público.
- A multiplicação, distribuição, troca ou comercialização de sementes, mudas por agricultores familiares ou por pequenos empreendimentos familiares.

467 O que são sementes para “uso próprio”?

Como dito, entre as exceções aos direitos dos melhoristas está a possibilidade do agricultor reservar sementes de sua colheita para plantio na safra seguinte, prática conhecida como “sementes para uso próprio”. Nesses casos, a lei acolheu a tradição dos agricultores em guardar sementes para safras futuras, prática muito comum na agricultura familiar, a fim de garantir a segurança alimentar da família e de preservar a genética de variedades tradicionais. Entretanto, tornou-se hábito guardar qualquer volume de semente para plantio próprio, independentemente do tamanho da área e dos níveis tecnológico e econômico do agricultor, sendo que a lei não estabelece limites para o que pode ser considerado “uso próprio”. Na prática, isso dificulta as ações de combate à pirataria das sementes no mercado brasileiro, motivo pelo qual existe, sem nenhum avanço até o momento, um movimento dos setores relacionados ao tema para alterar a legislação brasileira nesse ponto.

468

Proteção de cultivares significa a mesma coisa que registro de cultivares?

Não. A proteção de cultivares é a forma de conceder um direito de propriedade intelectual a quem pesquisou e desenvolveu uma nova variedade de planta cultivada que atenda aos requisitos legais já mencionados anteriormente. Já o registro de cultivares é a forma de viabilizar que uma variedade de planta, que pode ser protegida ou não, seja produzida e comercializada no Brasil. O registro de cultivares é tratado no âmbito da Lei de Sementes e Mudanças (Lei nº 10.711/2003) (Brasil, 2003a), que também integra o marco regulatório de sementes e mudas e pode ser acessada por meio do link⁶.

469

Para que serve a Lei de Sementes e Mudanças?

A Lei de Sementes e Mudanças foi editada em 2003 e trata do Sistema de Sementes e Mudanças no Brasil, que tem por objetivo garantir a identidade e a qualidade do material reprodutivo das variedades de plantas produzidas, comercializadas e utilizadas em todo o território nacional. Nessa lei são estipuladas as regras relacionadas: a) ao Registro Nacional de Sementes e Mudanças, conhecido como Renasem; b) ao Registro Nacional de Cultivares, conhecido como RNC; c) aos processos de produção, certificação, análise e comercialização de sementes e mudas; d) à fiscalização de todos estes processos; e) à utilização das sementes e mudas no País.

O Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) é o responsável pela coordenação, normatização e supervisão dessas atividades, sendo que compete aos estados e Distrito Federal estabelecerem normas e procedimentos complementares à produção de sementes e mudas em seus respectivos territórios, bem como exercerem a fiscalização do comércio estadual. No caso do comércio interestadual

⁶ Disponível em: https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php.

e internacional de sementes e mudas, a responsabilidade pela fiscalização dessas atividades é exclusiva do Mapa.

No final de 2020, a regulamentação da Lei de Sementes e Mudanças foi alterada (Decreto nº 10.586/2020) (Brasil, 2020). Segundo o Mapa, esta alteração teve como objetivo, entre outros, adequar o regulamento à realidade e à dinâmica do setor produtivo, promover a modernização e desburocratização no setor regulatório, coibir a produção e comercialização de produto ilegal e assegurar as garantias de identidade e qualidade das sementes e mudas disponibilizadas no Brasil.

470

Qual é a função do Registro Nacional de Sementes e Mudanças?

No Brasil, todas as pessoas físicas ou jurídicas que quiserem fazer alguma atividade envolvendo sementes e mudas são obrigadas a fazer um registro no Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa), no caso específico, no Registro Nacional de Sementes e Mudanças (Renasem). Assim, seja para produzir, beneficiar, reembalar, armazenar, analisar ou comercializar sementes e mudas, seja para realizar atividades de responsabilidade técnica, de certificação, amostragem, coleta ou análise de sementes e mudas no território nacional, as pessoas interessadas devem antes de tudo realizar sua inscrição no Registro Nacional de Sementes e Mudanças (Renasem). O exercício dessas atividades sem o devido registro é ilegal e o infrator fica sujeito à multa e a outras penalidades previstas em lei. O registro no Renasem tem validade de 5 anos, renováveis por períodos iguais e sucessivos.

De acordo com a lei, agricultores e empreendedores familiares que multipliquem sementes ou mudas para distribuição, troca ou comercialização entre si ou para atendimento de políticas governamentais estão isentos de fazer o registro no Renasem, assim como associações e cooperativas de agricultores familiares, desde que sua produção seja proveniente exclusivamente de agricultores familiares. Também estão isentos da inscrição do Renasem os

comerciantes que comercializam sementes e mudas para uso doméstico e as pessoas físicas ou jurídicas que importem sementes ou mudas para uso próprio.

471 Qual é a função do Registro Nacional de Cultivares?

Enquanto o Registro Nacional de Sementes e Mudanças (RenaseM) se refere ao registro das pessoas que executam atividades relacionadas à produção e comercialização de sementes e mudas, o Registro Nacional de Cultivares (RNC) se refere às cultivares que estão aptas a serem produzidas, beneficiadas e comercializadas no Brasil. O RNC também é de responsabilidade do Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa). Sem o registro no RNC, a produção, o beneficiamento e a comercialização de uma cultivar são ilegais e sujeita às penalidades da lei.

A pessoa que faz o registro da cultivar no RNC é denominada “mantenedor” e deve manter disponível estoque mínimo de material básico da cultivar registrada e assegurar as características de sua identidade e pureza varietal. Cada cultivar só pode ter uma única inscrição no RNC, mas o Mapa pode aceitar mais de um mantenedor para uma mesma cultivar inscrita.

De acordo com a lei, não é obrigatória a inscrição no RNC de cultivares locais, tradicionais ou crioulos, definidas pela lei como aquelas variedades desenvolvidas, adaptadas ou produzidas por agricultores familiares, assentados da reforma agrária ou comunidades indígenas e que, de acordo com critérios estabelecidos pelo Mapa, não sejam semelhantes às cultivares comerciais.

472 Existe um prazo de validade para o registro de cultivar no Registro Nacional de Cultivares?

Sim. De acordo com a atual regulamentação da Lei de Sementes e Mudanças, a inscrição da cultivar no RNC terá validade de 15 anos e poderá ser renovada por períodos iguais e sucessivos, desde que não afete direitos de terceiros. O prazo de proteção de

cultivares, exceto espécies perenes, também é de 15 anos, mas não pode ser renovado.

473

O que é preciso para registrar uma cultivar no Registro Nacional de Cultivares?

Para que uma cultivar seja registrada no RNC, devem ser seguidos os procedimentos estabelecidos nas normas internas do Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa). Enquanto a proteção da cultivar exige a realização do teste DHE, o registro de uma cultivar no RNC exige a realização dos chamados testes de Valor de Cultivo e Uso (VCU). Esses testes são feitos antes do registro da cultivar e servem para demonstrar as diferentes características da cultivar em relação às outras da mesma espécie de planta, incluindo a avaliação de aspectos agrônômicos, fitossanitários, de produção e de adaptação em condições de campo.

Os ensaios de VCU devem obedecer aos critérios estabelecidos pelo Mapa, sendo que algumas espécies vegetais, pelas suas características, são dispensadas desses ensaios, por exemplo, plantas ornamentais ou linhagens parentais de híbridos, assim como cultivares produzidas no Brasil, com objetivo exclusivo de exportação do material de propagação.

Os ensaios de VCU são previamente comunicados ao Mapa, que fiscaliza e supervisiona suas realizações, com o objetivo de garantir a identidade e a qualidade das sementes e mudas produzidas, comercializadas e utilizadas em todo o território nacional. O Mapa também é responsável por atualizar e divulgar o Cadastro Nacional de Cultivares Registradas no RNC (CNRC), que pode ser consultado pelo link⁷.

474

Quais os tipos de sementes disponíveis no mercado?

De acordo com a legislação, as sementes produzidas no mercado brasileiro podem ser das categorias específicas, a saber:

⁷ Disponível em: http://sistemas.agricultura.gov.br/snrc/cultivarweb/cultivares_registradas.php.

- Semente genética ou semente do melhorista: é aquela obtida diretamente dentro dos programas de melhoramento genético. Tem qualidade genética alta e, geralmente, é produzida em uma quantidade muito pequena, na esfera de quilos de semente. Dispensa inscrição de campos de produção de sementes genéticas, ao contrário do que é exigido para todas as outras categorias a seguir.
- Semente básica: são as sementes obtidas a partir da reprodução das sementes genéticas, realizada de forma a garantir sua identidade genética e sua pureza varietal. Aqui a produção já é feita em um volume maior para permitir sua comercialização, mas, ainda, dentro de quantidades limitadas.
- Semente certificada de primeira geração (C1) e semente certificada de segunda geração (C2): são aquelas produzidas a partir da reprodução da semente genética ou básica, no caso de C1 ou ainda da C1, no caso da C2.
- Semente não certificada de primeira geração (S1) e semente não certificada de segunda geração (S2): são aquelas que não possuem a qualidade necessária para serem certificadas.

475

Como são obtidas essas sementes?

É como uma pirâmide, em que, a cada plantio, são obtidos produtos de qualidade genética inferior e em volume bem maior que o anterior. No topo da pirâmide estão as sementes genéticas. Do seu plantio se colhem as sementes básicas. Do plantio das sementes básicas se colhem as sementes C1. Do plantio das C1 se colhem as sementes C2 e assim por diante até chegar às sementes S2, que são a última categoria de sementes no Brasil. Do plantio de S2 só se podem colher os grãos, que não têm qualidade para serem replantados. Serão utilizados como alimento ou como matéria-prima para produção de outros produtos, como óleos, rações, entre outros.

Deve-se atentar para o seguinte: caso os campos de produção de sementes, que são fiscalizados e supervisionados pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa), não apresentem a qualidade necessária, a categoria da semente colhida pode ser rebaixada, por solicitação do produtor. Assim, um campo de produção de sementes básicas de baixa qualidade pode produzir semente C2 em vez de C1, ou mesmo sementes S1 ou S2, conforme critérios definidos nas normas do Mapa.

476

O que o agricultor deve fazer para se tornar um produtor de sementes?

Para se tornar um produtor de sementes no Brasil, é preciso atender, além do disposto na Lei de Sementes e Mudas e seu decreto regulamentador, às exigências do Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa)⁸.

O primeiro passo a ser seguido pelo interessado em produzir sementes é se inscrever no Registro Nacional de Sementes e Mudas (Renasem), mediante a apresentação de documentos listados nas normas específicas do Mapa, contendo informações como: a) relação das espécies que pretende produzir; b) infraestrutura e equipamentos; c) informações sobre beneficiamento e armazenamento da produção, etc. Uma vez inscrito no Renasem, o produtor de sementes deverá solicitar a inscrição do campo de produção de sementes de uma cultivar registrada no Registro Nacional de Cultivares (RNC) ao órgão de fiscalização do estado em que está inscrito. Se a cultivar for protegida, deverá apresentar a autorização do dono da cultivar protegida para efetuar a produção de sementes pretendida.

O produtor deve ainda comprovar a origem da semente para o plantio da área a ser inscrita por meio de nota fiscal emitida em nome do produtor ou de terceiro, caso venha a adquirir sementes

⁸ Até a data de fechamento desta edição, estava em vigor a Instrução Normativa nº 9, de 2005, que estabelece as normas para produção, comercialização e utilização de sementes. Contudo, com a edição do Decreto nº 10.586/2020, esta e outras normas do Mapa relacionadas às sementes e mudas estão em processo de revisão e deverão ser objeto de atualização.

de outra pessoa e do denominado documento da semente, que poderá ser: a) atestado de origem genética, emitido pelo melhorista (para categoria genética); b) certificado de semente, emitido por certificadora de semente (para as categorias básicas ou certificadas) ou c) termo de conformidade, emitido por responsável técnico (para a categoria S1). A certificação das sementes pode ser feita diretamente pelo Mapa ou por pessoa jurídica por ele credenciada (são as chamadas certificadoras de sementes), sendo facultado ainda ao produtor de sementes ou de mudas certificar a sua própria produção, desde que credenciado pelo Mapa. O produtor deve também comprovar que possui a infraestrutura adequada para beneficiamento e armazenagem das sementes a serem produzidas. Caso não possua, poderá contratar uma prestadora desses serviços para ele.

Além disso, o produtor deve encaminhar as informações referentes à produção e à comercialização ao órgão de fiscalização e, caso ocorram alterações nessas informações ao longo do processo de produção, ele deve também comunicá-las, lembrando que, de acordo com o decreto que regulamenta a Lei de Sementes e Mudanças, a produção de sementes compreende todas as etapas do processo, iniciado pela inscrição do campo e concluído com a emissão da nota fiscal de venda pelo produtor, exceto no caso da semente genética. Toda documentação referente ao processo de produção de sementes deverá ser mantida à disposição da fiscalização pelo prazo estipulado em norma específica pelo Mapa.

477

Existem ainda outras regras relacionadas ao processo de produção de sementes na propriedade agrícola que devem ser observadas pelo produtor?

Sim. O Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) estabelece ainda normas para análise de sementes e mudas que comprovem sua qualidade, sendo obrigatório que o produtor de sementes observe tais regras. Destacam-se os seguintes atributos, que são responsabilidade do produtor de sementes garantir, em relação a sua produção:

- Identidade da semente.
- Pureza.
- Germinação ou viabilidade, conforme o caso.
- Presença de sementes de outras cultivares ou de outras espécies cultivadas ou silvestres.
- Presença de sementes nocivas toleradas; proibidas e/ou infestadas.
- Vigor, quando for o caso.
- Outros atributos previstos em normas específicas do Mapa.

Após atender a todas as regras de produção e certificação de sementes estabelecidas na legislação, devem também ser observadas regras para o transporte das sementes produzidas e sua comercialização. Por exemplo, para comercialização de sementes, é obrigatório que o produtor de sementes faça claramente a sua identificação, assim como a impressão na embalagem do nome do produtor, do número de inscrição no CPF ou no CNPJ (pessoa física ou jurídica, conforme o caso), do endereço e do número de sua inscrição no Renasem. Caso a embalagem seja diferenciada ou em pequenos recipientes, tais como latas, caixas de papelão ou envelopes, essas informações constarão da etiqueta, rótulo ou carimbo.

Os casos de mistura ou reembalagem de sementes são hipóteses também disciplinadas em normas específicas do Mapa, assim como os processos de tratamento e revestimento de sementes.

No caso de produção de sementes de espécies florestais e de espécies de interesse medicinal ou ambiental, há regras específicas estabelecidas no decreto que regulamenta a Lei de Sementes e Mudas (Capítulo VI do Decreto nº 10.586/2020) (Brasil, 2020).

478

Qual é a diferença entre sementes para uso doméstico e sementes para uso próprio?

Sementes para uso doméstico são aquelas de uso exclusivo para o cultivo doméstico, por exemplo, em hortas e pomares caseiros, sendo que sua produção obedecerá às regras de produção de sementes e mudas da legislação, mas, em sua comercialização,

se o comerciante só comercializar esse tipo de semente, ele fica isento de inscrição no Registro Nacional de Sementes e Mudas (Renasem). Elas são diferentes das chamadas sementes para uso próprio. A legislação brasileira permite que a pessoa física ou jurídica reserve parte de sua produção como semente para uso próprio, mas é terminantemente proibido utilizar essa reserva para fins de comercialização. Esse material só pode ser utilizado em área de sua propriedade ou posse e tem que ser utilizado exclusivamente na safra seguinte a de sua reserva, sendo que a reserva deve ser em quantidade compatível com a área a ser semeada ou plantada, entre outras exigências estabelecidas na legislação de sementes e mudas. Essas regras não se aplicam para casos de agricultura familiar. Portanto, cada uma dessas expressões diz respeito a uma característica diferente relacionada à semente e não podem ser confundidas ou entendidas como similares.

479

Qual a importância da legislação brasileira de sementes e mudas?

Essas regras existem para garantir a oferta de sementes e mudas ao mercado nacional com o padrão e a qualidade necessários. Um sistema de produção de sementes e mudas eficiente e bem regulado é, sem dúvida, um dos principais fatores apontados para o sucesso do agronegócio brasileiro, contribuindo para que o País continue ocupando as primeiras posições entre principais produtores agrícolas mundiais, no que se refere às grandes culturas como soja, milho, trigo, arroz e algodão, bem como continue buscando sua autossuficiência em termos de produção de sementes em outros setores, como o de hortaliças e flores.

480

No caso de variedades locais, tradicionais ou crioulas, o que determina a Lei de Sementes e Mudas?

Antes da edição da Lei de sementes e Mudas em 2003, a produção de sementes de variedades locais, tradicionais ou crioulas

não era reconhecida pelas leis brasileiras. Elas não eram consideradas sementes, sendo apenas consideradas como grãos. Contudo, a partir da edição da Lei nº 10.711/2003, tais variedades passaram a ser, sim, consideradas como sementes, o que representou um grande avanço para o setor da agricultura tradicional.

Pela legislação atual, ao contrário do que ocorre no caso de cultivares comerciais, uma variedade tradicional ou crioula não precisa ser inscrita no Registro Nacional de Cultivares (RNC), e para produzir sementes e mudas dessa variedade o agricultor tradicional tampouco precisa estar registrado no Renasem. Desde que as sementes e mudas produzidas sejam para uso exclusivo de agricultores familiares, assentados da reforma agrária ou comunidades indígenas. Se a intenção do produtor for produzir e comercializar sementes ou mudas dessa variedade tradicional ou crioula no mercado formal, o produtor terá que seguir as mesmas exigências estabelecidas para as cultivares comerciais.

No caso de organizações de agricultores familiares, por exemplo, na forma de cooperativas ou sindicatos, não é possível que essas organizações realizem a comercialização de sementes das variedades locais, tradicionais ou crioulas, mesmo que seja para outros agricultores familiares. Tais organizações somente podem distribuir essas sementes, única e exclusivamente, entre seus associados.

481

É possível obter financiamento para produção de sementes de variedades locais, tradicionais ou crioulas?

Além de não ser obrigatório o registro no Registro Nacional de Cultivares (RNC) ou no Registro Nacional de Sementes e Mudas (Renasem), a partir da edição da Lei de Sementes e Mudas, em 2003, também ficou proibido o estabelecimento de restrições à inclusão de sementes e mudas de cultivares locais, tradicionais ou crioulas em programas de financiamento agrícola, bem como em programas do governo para distribuição ou troca de sementes, desenvolvidos com agricultores familiares. Assim, no Brasil, passou a ser possível obter

recursos para financiar a produção de sementes e mudas dessas variedades, bem como a inclusão dessas sementes em programas públicos de distribuição ou troca de sementes com a agricultura familiar, o que não era possível anteriormente. Dessa forma, a lei reconhece de forma inequívoca a possibilidade de produção de sementes de variedades locais, tradicionais ou crioulas, desde que restrita ao mercado da agricultura familiar.

482

As regras da Lei de Sementes e Mudas são diferentes para as plantas transgênicas?

Não. Para plantas transgênicas, devem ser observadas as mesmas regras estabelecidas para proteção de cultivares e para registro, produção e comercialização de sementes aplicadas às cultivares convencionais (não transgênicas). Entretanto, além dessas regras, devem também ser observadas as estabelecidas pela legislação de biossegurança (Lei nº 11.105/2005 e seus desdobramentos) (Brasil, 2005).

483

Por que a questão das sementes transgênicas é tão polêmica?

Desde que a tecnologia das plantas transgênicas surgiu no mercado, surgiram também questionamentos quanto à sua segurança ambiental e alimentar. Como é algo que não existia na natureza, sempre houve uma preocupação sobre o impacto que aquela nova planta teria no meio ambiente e/ou na saúde das pessoas.

Esse assunto foi amplamente discutido, tanto no âmbito internacional, como no nacional, sendo que a primeira planta transgênica aprovada para comercialização no Brasil foi a soja tolerante a herbicida da empresa Monsanto, em 1998. Essa aprovação foi logo questionada pelas principais organizações ambientais e o assunto acabou no Judiciário, gerando muitas discussões e polêmicas, o que levou à edição, em 2005, de nova legislação específica sobre o assunto, a Lei de Biossegurança, que deve ser observada

em qualquer questão relacionada aos organismos geneticamente modificados (OGMs), incluindo sua produção e comercialização.

484

No Brasil, como uma semente transgênica é liberada para ser produzida e comercializada?

O processo de aprovação comercial de uma semente transgênica no Brasil obedece a uma série de requisitos estabelecidos na legislação de biossegurança (Lei nº 11.105/2005), incluindo as resoluções normativas do órgão responsável por decidir se uma determinada planta transgênica é segura ou não para ser comercializada no Brasil, qual seja, a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio). A CTNBio é um órgão vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), composto por 27 membros, entre representantes da academia, do governo e da sociedade civil, e que devem ser doutores e especialistas na área de biossegurança. Ela é responsável por emitir as autorizações necessárias para que a pesquisa e o desenvolvimento de plantas transgênicas e seus derivados ocorram no Brasil, assim como é ela que decide, do ponto de vista técnico, sobre as liberações comerciais dessas plantas transgênicas.

Assim, para que uma semente transgênica de qualquer cultivo possa ser plantada comercialmente no País, deve primeiro cumprir todas as exigências da legislação de biossegurança e ser aprovada pela CTNBio. Essa aprovação é sempre feita caso a caso, ou seja, é específica para o organismo geneticamente modificado (OGM) analisado e não pode ser generalizada.

485

Para que seja possível a produção e comercialização de uma semente transgênica, basta a aprovação da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança?

Essa foi uma das grandes discussões sobre transgênicos no País após a aprovação da soja transgênica pela CTNBio em 1998.

Na verdade, a legislação daquela época não deixava claro essa questão e por isso a discussão sobre o assunto foi parar na Justiça. Mas, com a edição da Lei nº 11.105/2005, essa questão foi definitivamente esclarecida. De acordo com a lei, a CTNBio é a única responsável pela aprovação técnica de um organismo geneticamente modificado (OGM) para ser produzido e comercializado no País.

Contudo, quando se fala em sementes transgênicas, existem outros aspectos que devem ser levados em conta, como o impacto da aprovação comercial do transgênico sobre as exportações do país ou outros aspectos econômicos. Além disso, existem outros órgãos públicos relacionados às questões de biossegurança, que são os órgãos de fiscalização e registro: Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) e Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Esses órgãos podem não estar de acordo com a decisão técnica da CTNBio.

Para solucionar a questão, a legislação de biossegurança criou um novo órgão, superior à CTNBio, que é o Conselho Nacional de Biossegurança (CNBS). O CNBS é vinculado à Presidência de República e formado por 11 Ministros de Estado, sendo, portanto, um órgão político. De acordo com a legislação atual, a CTNBio decide a questão do ponto de vista técnico, mas pode solicitar ao CNBS que avalie os aspectos da conveniência e oportunidade socioeconômicas e do interesse nacional da aprovação comercial requerida, bem como o CNBS é quem decide sobre eventual recurso de algum órgão de fiscalização e registro contra a decisão da CNTBio.

Importante saber que, considerando que após a edição da Lei nº 11.105/2005 as polêmicas sobre a aprovação comercial de um transgênico no Brasil diminuíram consideravelmente, praticamente nenhuma decisão técnica da CTNBio tem sido submetida ou questionada perante o CNBS nos últimos anos.

486

Então, quer dizer que hoje no Brasil não é mais necessário realizar licenciamento ambiental para conseguir a aprovação comercial de uma semente transgênica?

Não. A legislação de biossegurança é muito clara. A CTNBio é responsável por fazer a análise caso a caso dos pedidos de aprovação comercial de um OGM. Após analisar o caso concreto, ela decidirá sobre a necessidade ou não do licenciamento ambiental, sendo que, conforme for o OGM analisado, haverá, sim, casos em que CTNBio irá decidir pela necessidade do licenciamento ambiental. A legislação apenas atribuiu definitivamente essa responsabilidade à CTNBio, não podendo haver mais questionamentos sobre a questão após 2005. Mas a lei não eliminou a necessidade do licenciamento ambiental, que deverá ser decidida caso a caso.

487

No Brasil é permitido produzir ou comercializar a “semente terminator”?

Não. Outra grande polêmica inicial relacionada ao cultivo dos transgênicos no mundo todo foi a possibilidade da comercialização das sementes estéreis, as chamadas “sementes terminator”. Eram sementes geneticamente modificadas para apresentar determinada característica de interesse (por exemplo, tolerância a determinado agrotóxico) e também para não serem mais capazes de se reproduzirem. Assim, o agricultor seria obrigado a sempre comprar a tecnologia a cada safra agrícola. Contudo, a reação foi tão negativa a esse tipo de semente que as próprias empresas optaram por não continuar as pesquisas nesse caminho. Contudo, como do ponto de vista técnico é possível a produção de sementes terminator, que são chamadas de “tecnologias genéticas de restrição de uso” (Gurts), o legislador brasileiro optou por proibir o uso dessas tecnologias de restrição, sendo que, de acordo com a lei, é também proibida a comercialização, o registro, o patenteamento e o licenciamento de tecnologias genéticas de restrição de uso no Brasil.

488

E como fica a questão da rotulagem de produtos produzidos a partir de sementes transgênicas?

A Lei de Biossegurança estabelece que os alimentos e ingredientes alimentares destinados ao consumo humano ou animal que contenham ou que sejam produzidos a partir de organismos geneticamente modificados (OGM) ou derivados deverão conter informação sobre tais características em seus rótulos, conforme regulamentação. As regras em vigor atualmente estabelecem que os produtos que contenham OGM ou derivados em mais de 1% da sua formulação devem apresentar um símbolo definido como um T maiúsculo inserido no meio de um triângulo amarelo, bem como a identificação do OGM, por exemplo, soja resistente ao herbicida glifosato. Contudo, encontra-se em discussão pelo Congresso Nacional projeto de lei que propõe a alteração dessas regras para ficar mais branda a legislação sobre a exigência de rotulagem dos produzidos a partir de OGM e derivados, mas que ainda depende de aprovação final.

489

Quais são os tipos de plantas transgênicas já aprovadas para comercialização no Brasil?

Até fevereiro de 2022, a CTNBio já analisou e aprovou para comercialização no Brasil os seguintes tipos de plantas transgênicas: soja [*Glycine max* (L.) Merr.] tolerante a herbicidas e/ou resistente a insetos, nematoides e à seca; milho (*Zea mays* L.) resistente a insetos e/ou tolerante a herbicidas e à seca; algodão (*Gossypium hirsutum* L.) resistente a insetos; feijão (*Phaseolus* L.) resistente a vírus; eucalipto (*Eucalyptus* L'Hér.) com aumento volumétrico da madeira e resistente a herbicida; cana-de-açúcar (*Saccharum* L.) resistente a insetos; e trigo (*Triticum* L.) resistente à seca e tolerante a herbicida. Essas plantas transgênicas foram desenvolvidas pelas seguintes empresas: Monsanto (multinacional do grupo Bayer Ag); Basf; Bayer Ag; Dow Agrosience e Du Pont (multinacionais do

grupo Corteva Agrosience); Tropical Melhoramento e Genética (TMG); Syngenta (multinacional do grupo ChemChina); Embrapa; Futuragene (grupo Suzano); Centro de Tecnologia Canavieira (CTC). Esses dados demonstram claramente se tratar de um mercado bastante concentrado e oligopolizado, reforçando a necessidade de regras claras e eficientes para equilibrar os interesses do setor produtivo com os interesses da sociedade sobre o tema.

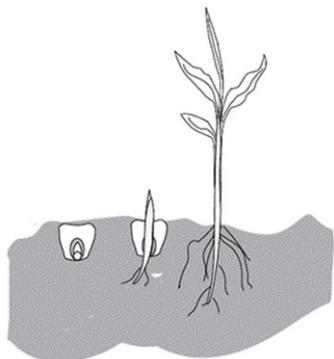
490

No caso das técnicas modernas de edição gênica que vêm surgindo no mercado, as regras de biossegurança são as mesmas?

Não. Nos últimos anos, a ciência desenvolveu novas técnicas de edição gênica, mais modernas e eficientes, como o chamado “CRISPR” (do inglês, *clustered regularly interspaced short palindromic repeats*, ou conjunto de repetições palindrômicas curtas regularmente interespaçadas). Os cientistas utilizam essas técnicas para desenvolver novas plantas editadas geneticamente para apresentar ou suprimir uma determinada característica de interesse (por exemplo, resistência à seca). Em 2018, ao discutir o tema, a CTNBio decidiu, pela primeira vez, que a técnica de edição gênica pode não gerar um organismo geneticamente modificado (OGM) (Parecer nº 5.905/2018) ao aprovar a liberação comercial de um microrganismo geneticamente editado pela técnica do CRISPR. Recentemente, a CTNBio editou parecer sobre consulta prévia concluindo que a utilização de técnicas de edição gênica para gerar uma soja resistente a herbicidas do grupo ALS pode, sim, gerar uma tecnologia que se enquadra como não OGM (Parecer nº 7.745/2021). Se prevalecer esse entendimento, quando houver uma planta comercial obtida pelas técnicas modernas de edição gênica (o que não ocorreu até o momento), ela não precisará cumprir todas as exigências legais hoje previstas para uma planta transgênica.

491

A partir da aprovação pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança para a comercialização de uma semente transgênica, o agricultor tem que cumprir alguma obrigação legal específica?



Sim. As obrigações legais relacionadas à comercialização das sementes transgênicas são, em geral, de responsabilidade da empresa que desenvolve a planta transgênica. A CTNBio, quando decide pela aprovação comercial de um transgênico, pode estabelecer algumas exigências para aquele cultivo específico. Por exemplo, ela pode proibir o plantio daquele

organismo geneticamente modificado (OGM) em determinada região do País (as chamadas “zonas de exclusão”), como já ocorreu em relação ao algodão transgênico. Pode também determinar a instalação de determinadas áreas próximas ao cultivo transgênico onde deverão ser plantadas cultivares convencionais (os chamados “refúgios”), como já ocorreu em relação ao milho (*Zea mays* L.) transgênico. Assim, o agricultor terá que seguir as determinações específicas da CTNBio para o OGM específico que ele pretende produzir as sementes, e essas determinações específicas em geral são repassadas a ele no momento da aquisição da semente transgênica pela empresa responsável pelo OGM. O agricultor também deve observar rigorosamente as demais determinações da Lei de Biossegurança, como não realizar a produção de nenhuma semente transgênica que não tenha sido aprovada previamente pela CTNBio, podendo até ser responsabilizado criminalmente, caso isso ocorra.

492

Em relação ao uso da biodiversidade brasileira, o que é preciso observar?

O uso da biodiversidade brasileira em atividades agrícolas deve seguir o disposto na legislação de acesso a recursos genéticos,

Lei nº 13.123/2015 (Brasil, 2015) e sua regulamentação, que trata do chamado patrimônio genético nacional e do conhecimento tradicional associado a esse patrimônio. Ela estabelece regras para o acesso à biodiversidade brasileira, o uso sustentável desses recursos e a repartição de benefícios gerados com seu uso.

493

As plantas utilizadas na agricultura podem ser consideradas “patrimônio genético nacional”?

Sim. Determinadas plantas hoje utilizadas na agricultura estão enquadradas na definição de patrimônio genético dada pela legislação de acesso a recursos genéticos. É o caso, por exemplo, da mandioca, do amendoim, de alguns tipos de algodão, entre tantas outras. Além disso, é possível que, no uso de determinados cultivos agrícolas, estejam envolvidos determinados conhecimentos definidos pela lei como conhecimento tradicional associado. Nesses casos, o usuário deve seguir rigorosamente o disposto na legislação de recursos genéticos para evitar a aplicação das penalidades previstas na lei (cíveis, criminais e administrativas, conforme o caso).

As regras de acesso ao patrimônio genético nacional são estabelecidas na Lei nº 13.123/2015 e aplicam-se a toda cadeia produtiva do início da pesquisa até a comercialização do material reprodutivo, no caso de atividades agrícolas, das sementes e mudas oriundas do patrimônio genético nacional. Incluem ainda a repartição de benefícios econômicos gerados com a exploração comercial dessas sementes. A lei define como “atividades agrícolas” aquelas atividades de produção, processamento e comercialização de alimentos, bebidas, fibras, energia e florestas plantadas.

494

Como se dá o acesso ao conhecimento tradicional associado no caso de plantas para atividades agrícolas?

O conhecimento tradicional associado é aquela informação ou prática de uma população indígena, de uma comunidade

tradicional (por exemplo, quilombolas) ou de um agricultor tradicional sobre as características ou usos possíveis de determinadas plantas utilizadas nas atividades agrícolas. Essa informação pode ser obtida diretamente em fonte primária com a população indígena, comunidade ou agricultor tradicional, como também pode ser obtida de uma fonte secundária (por exemplo, uma feira, publicação, inventário, filme, artigo científico ou outra forma). A Lei nº 13.123/2015 define que, mesmo nessas situações de obtenção por fonte secundária, é necessário seguir o disposto para uso do conhecimento tradicional associado. É importante saber que a lei estabelece que o intercâmbio e a difusão de patrimônio genético e de conhecimento tradicional associado – praticados entre si por populações indígenas, comunidade ou agricultor tradicional para seu próprio benefício e baseados em seus usos, costumes e tradições – são isentos das obrigações dessa legislação.

495 O que é considerado “agricultor tradicional”?

De acordo com a legislação brasileira de acesso a recursos genéticos, agricultor tradicional é aquele que utiliza variedades tradicionais locais ou crioulas, ou raças localmente adaptadas ou crioulas, e que mantém e conserva a diversidade genética, incluído aí o agricultor familiar. Essa legislação define o que é considerada uma variedade tradicional local ou crioula de forma semelhante à definição dada pela Lei de Sementes e Mudas.

496 O que é “repartição de benefícios” prevista na Lei de Acesso a Recursos Genéticos e Conhecimento Tradicional Associado?

A repartição de benefícios é o mecanismo que a legislação criou



para que os benefícios resultantes da exploração econômica – no caso de atividades agrícolas, de plantas (incluindo e não se limitando às sementes) da biodiversidade brasileira ou onde esteja envolvido determinado conhecimento tradicional associado – sejam repartidos, de forma justa e equitativa, em benefício da sociedade em geral ou da população indígena, comunidade ou agricultor tradicional detentor do conhecimento tradicional em questão.

497

Como se dá a repartição de benefícios prevista na Lei de Acesso a Recursos Genéticos e Conhecimento Tradicional Associado?

Em geral, a repartição de benefícios prevista na Lei de Acesso a Recursos Genéticos e Conhecimento Tradicional Associado é feita na forma monetária, ou seja, em dinheiro, e é fixada em 1% da receita líquida anual obtida com a exploração econômica das sementes, no caso das atividades agrícolas. A repartição de benefícios em dinheiro é feita por meio de pagamento ao Fundo Nacional de Repartição de Benefícios (FNRB), que é um fundo monetário criado pela Lei nº 13.123/2015 e administrado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Os recursos desse fundo devem ser usados para atividades de conservação e uso sustentável da biodiversidade brasileira.

É importante saber, contudo, que o devedor da repartição de benefícios pode optar, de acordo com critérios estabelecidos pelo órgão responsável – que nesse caso é o Conselho de Gestão do Patrimônio Genético (CGEN) –, por realizar a repartição de benefícios na forma não monetária, como a realização de projetos para conservação ou uso sustentável de biodiversidade ou para proteção e manutenção de conhecimentos ou a capacitação de recursos humanos em temas relacionados à conservação e uso sustentável do patrimônio genético ou do conhecimento tradicional associado.

498

Quem é o responsável por pagar o valor de repartição de benefícios no caso de atividades agrícolas?

A Lei nº 13.123/2015 (Brasil, 2015) dispõe que a repartição de benefícios será feita exclusivamente por aquele que comercializará o material reprodutivo independentemente de quem tenha realizado o acesso anteriormente. Os produtores intermediários ao longo da cadeia não são responsáveis pelo pagamento da repartição de benefícios.

Faz-se necessário saber que os agricultores tradicionais ou suas cooperativas estão isentos do pagamento de repartição de benefícios sobre a comercialização de sementes oriundas de espécies da biodiversidade brasileira ou com conhecimento tradicional envolvido, dentro de um limite de faturamento fixado pela lei. O mesmo vale para micro e pequenas empresas.

499

No caso do mercado orgânico, como é tratada a questão das sementes?

Os sistemas orgânicos de produção agropecuária são tratados na Lei nº 10.831/2003 (Brasil, 2003b), regulamentada em 2007. Segundo essa legislação, o Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) é o responsável por estabelecer as regras técnicas para produção de produtos orgânicos. Em 2021, o Mapa publicou nova norma específica para regular tecnicamente os sistemas orgânicos de produção (Portaria nº 52/2021) (Brasil, 2021). Existe uma seção específica nessa norma sobre sementes e mudas (Seção I – Capítulo II – Título IV), sendo estabelecido que a produção de sementes e mudas orgânicas deve obedecer à legislação brasileira para sementes e mudas, e elas deverão ser, também, oriundas de sistemas orgânicos de produção. Se constatada a indisponibilidade de sementes e mudas orgânicas para determinada cultura, um organismo de avaliação da conformidade orgânica (OAC) ou uma organização de controle social (OCS) poderá autorizar a utilização

de outros materiais existentes no mercado, dando preferência aos sem tratamento ou com tratamento orgânico.

É importante saber que a legislação também proíbe a utilização de organismos geneticamente modificados (OGMs), derivados da fusão de protoplasma e organismos resultantes de técnicas biotecnológicas similares em sistemas orgânicos de produção vegetal, bem como o uso de agrotóxico sintético no tratamento e armazenagem de sementes e mudas orgânicas.

500

O que é preciso fazer para realizar a produção de sementes orgânicas?

Para realizar a produção de sementes orgânicas, o agricultor deve seguir as mesmas regras estabelecidas pela Legislação de Sementes e Mudas para produção de sementes convencionais, já relatadas neste capítulo. Mas, além disso, é preciso também observar rigorosamente as regras de produção orgânica, com adoção de métodos orgânicos de manejo dos cultivos; o uso de técnicas de tratamento de sementes ecologicamente aceitáveis; a qualidade sanitária das sementes produzidas; a obtenção da certificação necessária em todas as fases do plantio até o beneficiamento de sementes, entre outras exigências técnicas estabelecidas na legislação de orgânicos. Todavia, mesmo com todas as exigências necessárias para produção, o mercado de sementes orgânicas está em expansão, sendo que as normas técnicas devem sempre estar atualizadas para atender tanto aos interesses do mercado produtor, como também aos do mercado consumidor.

Referências

BRASIL. Decreto nº 10.586, de 18 de dezembro de 2020. Regulamenta a Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas. **Diário Oficial da União**: seção 1, edição 243, p. 2, 21 dez. 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Decreto/D10586.htm. Acesso em: 25 mar. 2021.

BRASIL. Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003a. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas e dá outras providências. **Diário Oficial da União:** seção 1, p. 1, de 5 ago. 2003. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10.711.htm. Acesso em: 25 mar. 2021.

BRASIL. Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003b. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. **Diário Oficial da União:** seção 1, p. 8, de 24 dez. 2003. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2003/L10.831.htm. Acesso em: 25 mar. 2021.

BRASIL. 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 e dá outras providências. **Diário Oficial da União:** seção 1, p. 1, 24 mar. 2005. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11105.htm. Acesso em: 25 mar. 2021.

BRASIL. Lei nº 13.123, de 20 de maio de 2015. Dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, sobre a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado e sobre a repartição de benefícios para conservação e uso sustentável da biodiversidade e dá outras providências. **Diário Oficial da União:** seção 1, p. 1, 21 maio 2015. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13123.htm. Acesso em: 25 mar. 2021.

BRASIL. Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. **Diário Oficial da União:** seção 1, p. 8353, de 15 maio 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9279.htm. Acesso em: 25 mar. 2021.

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 União:** seção 1, p. 25162 de 28 abr. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9456.htm. Acesso em: 25 mar. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Lista de Espécies passíveis de Proteção no Brasil.** Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/protecao-de-cultivar/formularios-para-protecao-de-cultivares>. Acesso em: 8 set. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Registro Nacional de Cultivares - RNC.** Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/>

pt-br/guia-de-servicos/registro-nacional-de-cultivares-rnc. Acesso em: 8 set. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 46, de 06 de outubro de 2011, atualizada pela Instrução Normativa nº 17, de 18 de junho de 2014.** Estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=78910>. Acesso em: 25 mar. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 52 de 15 de março de 2021. Estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção e as listas de Substâncias e Práticas para o Uso nos Sistemas Orgânicos de Produção. **Diário Oficial da União:** seção 1, p. 10, 23 mar. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/portaria-no-52-de-15-de-marco-de-2021.pdf/view>. Acesso em: 10 jun. 2022.

CTNBIO. **Liberações Comerciais:** Tabela de Plantas – Uso Comercial. Disponível em: <http://ctnbio.mctic.gov.br/liberacao-comercial>. Acesso em: 10 jun. 2022.

Índice

A

Abarema jupunba (Willd.) Britton & Killip, 16

Abelha(s)

agente polinizador, 113, 120, 122, 125

distância de voo, 116

européia, ver *Apis melífera* L.

forrageamento, 114, 115

iraí, ver *Nannotrigona testacericornis* Lepeletier

jataí, ver *Tetragonisca angustula* Latreille

mandacaia, ver *Melipona quadrifasciata* Lepeletier

manejo, 118, 119, 123, 124

população, 118

uruçu, ver *Melipona scutellaris* Latreille

Abelmoschus esculentus (L.) Moench, 101

Abóbora(s)/aboboreira, ver *Cucurbita* spp.

Ácaros, 304, 311, 320, 322, 326, 329, 332-335, 338, 340-342, 346

Acca sellowiana (O. Berg) Burret, 30

Açaí, ver *Euterpe oleracea* Mart.

Acerola, ver *Malpighia emarginata* DC.

Adiantum capillus-veneris L., 96

Agricultura tradicional, 495-497

Água

teor, 51, 54, 72, 83, 90, 135, 179, 209, 234, 396, 426-428

tipos, 52, 53

Ala(s), 11, 288

Albizia niopoides (Benth.) Burkart, 13

Alecrim, ver *Rosmarinus officinalis* L.

Alelopatia, 300-302
Alface, ver *Lactuca sativa* L.
Algodão/algodoeiro, ver *Gossypium hirsutum* L.
Alho, ver *Allium sativum* L.
Allium sativum L., 334, 438
Alpinia galanga (L.) Willd., 155
Alpiniaceae, 164
Amburana cearenses (All.) A.C. Sm., 4
Ameixa, ver *Prunus domestica* L.
Amendoim, ver *Arachis hypogaea* L.
Amendoim-bravo, ver *Pterogyne nitens* Tul.
Amendoim-do-campo, ver *Platypodium elegans* Vogel
Amostra, 244, 413, 429, 440-442, 449, 451, 453
 análise, 447, 456, 457, 465
 reanálise, 454
 composta, 454
 duplicata, 454
 média ou submetida, 449, 454
 oficial, 450
 subamostra, 453, 454
 tamanho, 453
Amostragem, 439, 440, 441, 446, 449
Anacardium humile A.St.-Hil., 51
Anacardium spp., 113
Anadenanthera colubrina (Vell.) Brenan, 216
Anaerobiose, 182
Análise de pureza, 62, 70
Ançarinha-branca/erva-formigueira-branca, ver *Chenopodium album* L.

Andiroba, ver *Carapa guianensis* Aubl.
Andropogon L., 162
Anethum graveolens L., 224
Anidrobiose, 89, 336, 337
Angelim-falso, ver *Abarema jupunba* (Willd.) Britton & Killip.
Angico-branco, ver *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan
Angico-vermelho, ver *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan
Angiosperma (s), 10, 95, 99, 100, 101, 103, 109, 129, 145, 153
Anguina agrospis (Steinbuch, 1755) Filipjev, 1936, 335
Anguina pacificae Cid del Prado Vera & Maggenti, 1984, 335
Anguina tritici (Steinbuch, 1799) Chitwood, 1935, 334, 335, 337
Annona crassiflora Mart., 155, 230
Anóxia, 86
Anoxibiose, 89
Antennaria Gaertn, 286, 288
Antropocoria, 269
Apeiba tibourbou Aubl., 261
Apis melífera L., 115, 117
Aphelenchoides besseyi Christie, 1942, 334, 336
Aphelenchus avenae Bastian, 1865, 337
Apomixia, 85, 127, 137, 139, 140, 361
Aposporia, 140
Arabidopsis thaliana (L.) Heynh., 181, 184, 188, 193, 199, 379, 387
Araçá-d'água, ver *Terminalia kuhlmannii* Alwan & Stace
Arachis hypogaea L., 5, 49, 177, 186, 387, 493
Araribá, ver *Centrolobium tomentosum* Benth.
Araticum, ver *Annona crassiflora* Mart.
Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze, 95, 288

Arecaceae, 28, 83
Arilo, 11, 14, 15, 19, 288
Ariloide, 11, 15, 19, 288
Aristolóquia, ver *Aristolochia galeata* Mart. ex Zucc.
Aristolochia galeata Mart. ex Zucc., 230
Armazenamento, 156, 161, 193, 198, 405, 414
 danos, 409, 417, 437
 definição, 391
 embalagem, 420, 421
 estruturas, 434, 435
 fatores abióticos, 436
 fatores bióticos, 436
 local, 432, 434
 tratamento, 414, 437
Aroeira, ver *Myracrodruon urundeuva* (Allemão) Engl.
Arroz, ver *Oryza sativa* L.
Arroz dourado, 371
Assepsia, 92
Astrocarium tucuma Mart., 162
Astronium fraxinifolium Schott, 11, 80
Ateleia glazioveana Baill., 238
Autocoria, 286, 288
Aveia, ver *Avena sativa* L.
Avena sativa L., 13, 49, 171
Avencas, ver *Adiantum capillus-veneris* L.

B

Bacillus Cohn, 215
Bactérias, 215, 304, 313-318, 351, 352, 374, 382

Bananeira, ver *Musa* L.

Banco de sementes, 147, 157, 180, 256-258, 264, 303, 397
 composição, 263
 fatores abióticos e bióticos, 260
 longevidade, 261
 padrões estacionais, 262
 tipos, 259
 viabilidade, 261

Banha-de-galinha, ver *Swartzia multijuga* Vogel

Barrilha-espinhosa, ver *Salsola volkensii* Schweinf. & Asch.

Baru, ver *Dipteryx alata* Vogel

Bauhinia L., 232

Bauhinia forficata Link, 288

Batata, ver *Solanum tuberosum* L.

Beta vulgaris L., 91, 161

Beterraba, ver *Beta vulgaris* L.

Bertholletia excelsa Bonpl., 4, 13

Bidens bipinnata L., 194

Bidens pilosa L., 279

Bico-de-papagaio, ver *Conarus suberosus* Planch.

Biologia sintética, 381

Bioteχνologias, 389

Bixa orellana L., 4, 228

Bolota, ver *Joannesia princeps* Vell.

Bowdichia Kunth., 232

Bowdichia virgilioides Kunth., 170

Brachiaria (Trin.) Griseb., 101, 139, 140, 357, 363

Brachiaria brizantha (A. Rich) Stapf, 155

Braquiara, ver *Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf

Braquiária, ver *Brachiaria* (Trin.) Griseb.

Brassica oleracea L. var. *capitata*, 161

Brassica spp., 104

Braúna, ver *Schinopsis brasiliensis* Engl.

Bromeliaceae A. Juss., 20

Buchenavia tomentosa Eichler, 161

C

Cacau, ver *Theobroma cacao* L.; *Theobroma* spp.

Café, ver *Coffea arabica* L.; *Coffea canephora* A. Froehner.; *Coffea* spp.

Cajá-mirim, ver *Spondias mombin* L.

Caju, ver *Anacardium* spp.

Cajuzinho-do-cerrado, ver *Anacardium humile* A. St.-Hil.

Calycophyllum spruceanum (Benth.) K. Schum, 282

Camada de aleurona, 10

Camomila, ver *Matricaria chamomilla* L.

Campomanesia adamantium (Camb.) O. Berg., 13

Cana-de-açúcar, ver *Saccharum officinarum* L.

Canavalia brasiliensis Benth., 170

Canela, ver *Cinnamomum verum* J. Presl.

Canola, ver *Brassica* spp.

Capim-dourado, ver *Syngonanthus nitens* Ruhland

Capitão-do-mato, ver *Terminalia argentea* Mart. & Zucc.

Capsicum annuum L., 161

Capsicum frutescens L., 438

Capsicum spp., 30

Caqui, ver *Diospyrus kaki* L.f.; *Diospyrus* spp.
Carapa guianensis Aubl., 11, 87
Carica papaya L., 14, 155, 186
Cariopses, 76
Caroba, ver *Cybistax antisyphilitica* (Mart.) Mart.
Carúncula, 14, 19, 288
Carrapicho, ver *Bidens bipinnata* L.
Caryocar brasiliense Cambess, 13, 95
Castanha-do-pará, ver *Bertholletia excelsa* Bonpl.
Cedrela fissilis Vell., 51
Cedro, ver *Cedrela fissilis* Vell.
Centrolobium tomentosum Benth., 5, 161
Cerejeira, ver *Amburana cearenses* (Allemão) A.C. Sm.
Cevada, ver *Hordeum vulgare* L.
Chalaza, 11, 20
Chamaecrista desvauxii (Collad.) Killip., 20
Chenopodium album L., 194
Chenopodium quinoa Willd., 11
Chuva de sementes, 256
Chia, ver *Salvia hispanica* L.
Cicer arietinum L., 36
Cinnamomum verum J. Presl., 437
Ciprestes, 95
Citros, ver *Citrus* spp.
Citrullus lanatus (Thunb.) Matsum. & Nakai, 102, 113, 145
Citrus sinensis (L.) Osbeck., 51
Citrus spp., 142, 345
Cnidoscolus quercifolius Pohl, 18

Coaçu, ver *Triplaris weigeltiana* (Rchb.) Kuntze.
Coco, ver *Cocus nucifera* L.
Cocus nucifera L., 28
Coix lacryma-jobi L., 4
Coffea arabica L., 17, 35
Coffea canefora A. Froehner, 51
Coffea spp., 144
Comissão Nacional de Biossegurança-CTNBIO, 370, 458, 484-486, 489, 490, 491
Cominho, ver *Cuminum cyminum* L.
Commiphora leptophloeos (Mart.) J.B. Gillett, 4
Claviceps purpurea (Fr.) Tul., 309
Condicionamento, 40
 hídrico, 41
 matricondicionamento, 41
 osmótico, 41
 método de tambor, 41
Conhecimento Tradicional Associado - CTA, 494, 496, 497
Coníferas, 142
Connarus suberosus Planch., 14
Conselho de Gestão do Patrimônio Genético-CGEN, 458, 497
Conselho Nacional de Biossegurança-CNBS, 485
Conservação, 174, 391, 393-395, 407, 408, 410-412
 ex situ, 300, 396, 397, 399
 embalagem, 391, 419, 421, 422
 in situ, 300, 396, 399
 on farm, 200, 396, 399
 multiplicação, 398
 recursos genéticos, 392

regeneração, 209, 234, 395, 396, 398, 412, 416, 419, 426, 427, 429, 430, 436

Copaíba(s), ver *Copaifera depilis* Dwyer; *Copaifera langsdorffii* Desf.

Copaifera depilis Dwyer, 15

Copaifera langsdorffii Desf., 142

Cordia sessilis (Vell.) Kuntze, 30

Cotilédone, 10, 13, 36, 77, 78-80, 131, 135, 138

Cravo-da-índia, ver *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M. Perry

Criobiose, 89

Criopreservação, 362

danos, 428- 430

princípios, 428

Cucumis melo L., 15, 102, 113

Cucumis sativus L., 15, 113

Cucurbita spp., 4, 11, 113, 202, 326

Cucurbitaceae A.Juss., 102

Cultura in vitro, 133, 348, 354, 356, 357, 361

Cuminum cyminum L., 4

Curitiba, ver *Curitiba prismatica* (D. Legrand) Salywon & Landrum

Curitiba prismatica (D. Legrand) Salywon & Landrum, 155, 224

Cybistax antisyphilitica (Mart.) Mart., 288

Cyperaceae Juss., 13

D

Dente-de-leão, ver *Taraxacum* F.H. Wigg. *Taraxacum officinale* F.H. Wigg.

Descontaminação, 92

Desinfecção, 92

Desinfestação, 92
Diásporo, 5, 70, 161, 228, 232-234, 242, 257, 259, 263, 264, 288, 408
Dimorphandra mollis Benth., 170
Dioclea violacea Benth., 4, 228
Diospyros kaki L.f., 49
Diospyros spp., 27
Diplosporia, 141
Dipteryx alata Vogel, 36, 286, 288
Dispersão de semente, 3, 5, 7, 54, 95, 163, 167, 178, 232, 254, 283, 284, 285, 290, 295, 381
 dispersor, 15, 93, 252, 286, 287, 288, 292, 293
 estruturas, 289
 haplocórica, 292
 mecanismos, 286
 anemocoria, 277, 279
 antitelecoria, 290
 antropocoria, 286, 288
 autocoria, 286, 288
 barocoria, 286, 288
 hidrocoria, 286, 288
 telecoria, 291
 zoocoria, 286-288
 endozoocoria, 287
 epizoocoria, 287
 ictiocoria, 286
 mamaliocoria, 286, 288
 mirmecoria, 286, 288
 ornitocoria, 286, 288
 quiropterocoria, 286
 saurocoria, 286
 sinzoocoria, 287, 288

policórica, 293
síndrome de, 285

Ditylenchus dipsaci (Kuhn. 1957) Filipjev, 1936, 334, 336, 337

Dormência, 7, 9, 64, 153, 171, 181-183

adaptação evolutiva, 151

ancestral, 152

biotecnologia, 161

combinada, 154, 155

condições aeróbicas, 182

condições edafoclimáticas, 181, 252, 280

condições de salinidade, 168,183

cromatina, 197

definição, 147

desvantagens, 178

duração, 172, 180, 187

endógena, 154

espécies nativas, 174, 175

exógena, 154

fatores genéticos, 188

fatores moleculares, 199

física, 154, 155, 170

fisiológica, 154, 155, 157

fotodormência, 154, 155

mecânica, 154

morfofisiológica, 154, 155

morfológica, 154, 155

primária, 154, 158

química, 154, 173

secundária, 154, 159

regulação, 168, 169

tegumentar, 154

termodormência, 154

tratamentos, 161-167
vantagens, 176, 177, 179

Dyckia Schult & Schult. f., 20

E

Ecofisiologia, 251

Ecofisiologia da germinação, 252

Edição gênica/genômica, 366, 367, 381, 489, 490

Eixo hipocótilo radicular/eixo embrionário, 10, 12, 30, 161, 185, 204, 213, 228, 242, 362

 crescimento, 270, 425

 formatos, 13

 localizações, 13

 teor de água, 209

 tipos, 13

Elaiossomo, 11, 18, 19, 288

Embrião, 10, 32, 71, 81, 98, 154, 229

 adventício(s) ou nucelar(es), 144

 crescimento, 130, 200, 210, 230

 definição, 132

 desenvolvimento, 135, 139, 260

 embriogênese, 133

 formação, 31, 94, 127, 140, 258, 263

 resgate, 362

 somático, 137, 256

 zigótico, 134, 138, 144

Engenharia genética, 366, 367, 380

Enterolobium gummiferum (Mart.) J.F. Macbr, 288

Enterolobium schomburgkii (Benth.) Benth., 26

Endosperma, 10, 12, 27, 35, 109, 130, 131, 135, 145, 146, 157, 385

artificial, 365
conteúdo de água, 209
formação, 127, 129
tipos, 28, 29

Endro, ver *Anethum graveolens* L.

Eriotheca gracilipes (K. Schum.) A. Robyns, 162, 186

Eriotheca pubescens (Mart.) Schott & Endl., 142

Erva(s) daninha(s), 178, 192, 266, 267, 440, 444, 453

Erva-doce, ver *Pimpinella anisum* L.

Erva-mate, ver *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.

Ervilha, ver *Pisum sativum* L.

Erythrina mulungu Mart., 11

Erythrina velutina Willd., 23, 228

Espada-de-são-jorge, ver *Sansevieria trifasciata* Prain

Espécies reativas de oxigênio (ROS), 198, 425

Espinheira-santa, ver *Maytenus ilicifolia* Reiss

Estilosantes, ver *Stylosanthes humilis* Kunth.

Estilosantes mineirão, ver *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw.

Estrelítzia, ver *Strelitzia reginae* Banks

Eucalipto, ver *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden, *Eucalyptus* L'Hér.

Eucalyptus grandis W.Hill ex Maiden, 449

Eucalyptus L'Hér., 238, 372, 489

Eugenia L., 13, 223

Eugenia uniflora L., 51

Euterpe Mart., 233

Euterpe edulis Mart., 4

Euterpe oleracea Mart., 4

F

Fabaceae Lindl., 21, 28, 153

Falso arilo, 16, 19

Farinha-seca, ver *Albizia niopoides* (Benth.) Burkart

Faveira-d'anta, ver *Dimorphandra mollis* Benth.

Faveira, ver *Parkia nitida* Miq.

Faveira-de-benguê, ver *Parkia multijuga* Benth.

Faveleira, ver *Cnidocolus quercifolius* Pohl

Fecundação, 94, 105, 132-135, 137, 139, 146

ausência, 145

dupla, 109, 129

in vitro, 356, 360, 361

simples, 110

Feijão, ver *Phaseolus vulgaris* L.

Feijão-bravo-do-Ceará, ver *Canavalia brasiliensis* Benth.

Feijão-de-corda, ver *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

Feijão-mungo, ver *Vigna radiata* (L) R. Wilczek

Fenologia, 299, 300

Fitocromo, 195, 220, 274, 279, 281

Fitonematoides, 304, 326-331

Fitormonio (s), 162, 168, 182, 184-187, 385

Flor(es), atrativos florais, 30

definição, 100

dioica, 102

fatores fisiológicos e morfológicos, 119

grãos de pólen, 103

hermafrodita ou monoica, 101, 125

ovários, 104

óvulos, 104

recursos atrativos, 115, 118

Flor-de-cardel, ver *Ipomoea indivisa* (Vell.) Hallier f.

Flor-de-lótus, ver *Nelumbo nucifera* Gaertn.

Fragaria x *ananassa* Rozier, 83, 97, 113

Fruto(s), 5, 54, 55, 72-75, 93, 95, 105, 109, 112, 113, 129, 145, 167, 170, 196, 233, 234, 245, 255, 287, 288, 295, 299, 311, 320, 322, 324, 412-414

beneficiamento, 72, 73, 233

cariopses, 76

carnosos, 74, 233, 413

coleta, 232, 233, 413

farináceos, 75

maturação fisiológica, 54, 55, 412

seco(s), 73, 233, 235, 413

deiscentes, 73

indeiscentes, 73

Fungos, 30, 34, 180, 215, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310-312, 351, 352, 418, 436

Fumigação/expurgo, 415, 416

Funículo, 11, 21

G

Gabiroba, ver *Campomanesia adamantium* (Camb.) O. Berg.

Galangal, ver *Alpinia galanga* (L.) Willd.

Genipa americana L., 51, 232

Geotropismo, 84, 85

Germinabilidade, 55, 56, 61, 234, 396, 399, 409, 426, 428, 447

Germinação, 19, 20, 40, 58, 62, 83, 85, 149, 151, 170, 173, 179, 180, 182, 183, 189, 213, 214, 233, 234, 255, 409

absorção de água, 19, 25, 154, 157, 170, 205, 206, 207, 210, 216, 229, 261, 269, 270, 271, 273, 409

criptocotiledonar, 80
critério botânico/fisiológico, 201
critério tecnológico, 202
danos de contaminação, 306, 311, 315, 330, 338, 340, 418
definição, 200
embebição, 157, 187, 203, 207, 208, 210, 211, 228-230, 270, 271, 273, 294, 426
epígea, 77
etapas ou fases, 207, 208, 210
fanerocotiledonar, 79
fotoperiódica de dias curtos, 221
fotoperiódica de dias longos, 221
hipógea, 78
in vitro, 351
microrganismo(s), 215
nutrientes, 281
oxigênio, 272
pH, 282
percentual, 237, 406
repetições, 235, 454
repetições contadas, 238
repetições pesadas, 238
salinidade, 280
substrato, 252, 269, 270, 272, 281
velocidade, 65, 192, 211, 222, 246, 253, 273, 275, 406, 447
Gimnosperma(s), 10, 11, 21, 23, 95, 99, 103, 104, 110, 142, 145, 153
Ginseng-brasileiro, ver *Pfaffia glomerata* (Sprengel) Pedersen
Girassol, ver *Helianthus annuus* L.
Globodera rostochiensis Wollemweber & G.Pallida Stone 1923, 336
Glycine max (L.) Merr., 4, 21, 49, 91, 101, 113, 222, 334, 343, 372, 373, 375, 378, 461, 479, 483, 485, 488, 489
Goiabeira, ver *Psidium guajava* L.

Goiabeira-serrana, ver *Acca sellowiana* (O. Berg) Burret
Gonçalo-alves, ver *Astronium fraxinifolium* Schott
Gossypium hirsutum L., 101, 224, 371, 374, 479, 489, 491, 493
Grão-de-bico, ver *Cicer arietinum* L.
Grão(s), 388, 437, 475, 480, 498
 contaminação, 319, 321, 323-325, 436
 definição, 2
 função, 3
 limpeza, 76
 usos, 4
Gramas, ver *Paspalum notatum* Flügge; *Zoysia japonica* Steud.
Guapuruvu, ver *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake
Guaraná, ver *Paullinia cupana* Kunth.
Guazuma ulmifolia Lam., 228

H

Halo, 11, 21
Hancornia speciosa Gomes, 35
Handroanthus Mattos, 22, 132, 232
Handroanthus ochraceus (Cham.) Mattos, 101
Helianthus annuus L., 4, 49, 77, 186, 198
Heterodera glycines Ichinohe, 334
Hevea brasiliensis (A.Juss.) Müll.Arg., 35
Hieracium L., 139, 363
Hilo, 11, 23
Hipérico, ver *Hypericum brasiliense* Choisy
Hipobiose, 89
Hipóxia, 86

Hordeum vulgare L., 158, 175, 179, 188, 375

Hymenaea courbaril L., 11

Hymenaea martiana Hayne, 79, 155

Hypericum brasiliense Choisy, 162

I

Ilex paraguariensis A.St.-Hil., 13, 163

Imbiruçu, ver *Pseudobombax longiflorum* (Mart.) A. Robyns

Imburana-de-cambão, ver *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett

Impatiens walleriana Hook.f., 28

Inga ingoides (Rich.) Willd., 234, 404

Inga spp., 36, 83

Ingás, ver *Inga ingoides* (Rich.) Willd., *Inga* spp.

Insetos, 30-32, 111, 179, 180, 296, 320, 332-339, 371, 374, 409, 416, 417, 433, 436, 437, 489

Ipês, ver *Handroanthus* Mattos; *Tabebuia* spp.

Ipê-do-cerrado, ver *Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos

Ipomoea indivisa (Vell.) Hallier f., 158

Iris, ver *Iris germanica* L.

Iris germanica L., 155

Ixeris (Cass.) Cass., 140

J

Jarina/marfim-vegetal, ver *Phytelephas aequatorialis* Spruce

Jatobás, ver *Hymenaea courbaril* L.; *Hymenaea martiana* Hayne

Jenipapo, ver *Genipa americana* L.

Jerivá, ver *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman

Joannesia princeps Vell., 4

Juazeiro, ver *Sarcomphalus joazeiro* (Mart.) Hauenschild

K

Kielmeyera coriacea Mart. & Zucc., 13, 243

L

Lactuca sativa L., 158, 186, 224

Lágrima-de-nossa senhora, ver *Coix lacryma-jobi* L.

Laranja, ver *Citrus sinensis* (L.) Osbeck.

Lavanda, ver *Lavandula augustifolia* Mill.

Lavandula augustifolia Mill., 161

Lei ou legislação de acesso a recursos genéticos, 458, 492, 493, 495
repartição de benefícios, 496-498

Lei de sementes e mudas, 468, 469, 472, 474, 477, 480, 481, 495

Licania tomentosa (Benth.) Fritsch, 233

Lobeira, ver *Solanum lycocarpum* L.

Longevidade, 50, 59, 193, 261, 398, 406-408, 411

Lote de sementes, 39, 211, 241, 248, 249, 407, 439, 440-442, 448,
450

Luetzelburgia auriculata (Allemão) Ducke, 21

Lupinus albus L., 49

Luz, 148, 153, 344

dormência, 151, 154, 159, 162, 163, 166, 168, 179, 181, 192, 195

fitocromo, 279, 281

fotoblastismo, 275

fotoblásticas positivas, 225, 276

fotoblásticas negativas, 277

fotoblásticas neutras, 278

fotoperíodo, 90, 91, 149, 221
germinação, 213, 220, 221, 223-227, 233, 235, 253, 254, 260,
269, 274, 394

M

Mabea pohliana (Benth.) Müll.Arg., 14

Maçã/macieira, ver *Malus domestica* (Suckow) Borkh.

Magonia pubescens A.St- Hil., 13, 233

Malpighia emarginata DC., 114

Malus domestica (Suckow) Borkh., 95, 113, 186

Mamão, ver *Carica papaya* L.

Mamoninha, ver *Mabea pohliana* (Benth.) Müll. Arg.

Mandioca, ver *Manihot esculenta* Crantz

Manga, ver *Mangifera indica* L.

Mangaba, ver *Hancornia speciosa* Gomes

Mangifera indica L., 142

Manihot Mill., 162, 186, 228

Manihot esculenta Crantz, 14, 325, 493

Maracujás, ver *Passiflora* L.

Maracujá 'BR Pérola do Cerrado', ver *Passiflora setacea* DC.

Maracujá-suspiro, ver *Passiflora nitida* Kunth.

Marcadores, 349

bioquímicos, 383-385

dormência, 387

genéticos, 382

moleculares, 382-387

tolerância ao dessecamento, 386

Marco regulatório de sementes e mudas, 457-459

Maria-sem-vergonha, ver *Impatiens walleriana* Hook.f.

Maria-pretinha, ver *Solanum americanum* Mill.
Marmelo-do-cerrado, ver *Cordia sessilis* (Vell.) Kuntze
Mata-pasto, ver *Chamaecrista desvauxii* (Collad.) Killip.
Matricaria chamomilla L., 224
Matteuccia struthopteris (L.) Tod., 97
Maturação fisiológica, 54, 55, 231, 411
Maytenus ilicifolia Reiss, 15
Melancia, ver *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai
Melão, ver *Cucumis melo* L.
Melipona quadrifasciata Lepeletier, 116
Melipona scutellaris Latreille, 116
Métodos de detecção de patógenos, 349, 350, 352
Método Elisa, 350
Mercado orgânico, 499
Micrópila, 11, 14, 25, 129, 360
Microrganismos, 29, 30, 55, 69, 92, 93, 150, 179, 180, 215, 233, 239, 240, 252, 264, 316, 331, 349, 405, 412, 417, 424, 437
Milho, ver *Zea mays* L.
Mirindiba, ver *Buchenavia tomentosa* Eichler
Monjoleiro, ver *Senegalia polyphylla* (DC.) Britton & Rose
Morango/morangueiro, ver *Fragaria x ananassa* Rozier
Mucilagem, 11, 17, 19, 149, 288
Mudanças climáticas, 93, 181, 216, 303, 373
Mulungu, ver *Erythrina mulungu* Mart.
Mulungu-da-caatinga, ver *Erythrina velutina* Willd.
Musa L., 97
Musgos, 97
Mutamba, ver *Guazuma ulmifolia* Lam.

Myracrodruon urundeuva (Allemão) Engl., 233

Myristica fragrans Houtt., 27

N

Nannotrigona testaceicornis Lepeletier, 116

Negramina, ver *Siparuna guianensis* Aubl.

Nelumbo nucifera Gaertn., 172

Nematoide-da-ponta-branca-do-arroz, ver *Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942

Nematoide-dos-bulbos e caules/nematoide-do-amarelão-do-alho, ver *Ditylenchus dipsaci* (Kuhn. 1957) Filipjev, 1936

Normóxia, 86

Noz moscada, ver *Myristica fragrans* Houtt.

O

Oiti, ver *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch

Olho-de-boi, ver *Dioclea violacea* Benth.

Olho-de-cabra, ver *Ormosia fastigiata* Tul.

Órgãos reprodutivos, 99-102

Ormosia fastigiata Tul., 16

Ormosia flava (Ducke) Rudd, 161

Oryza sativa L., 11, 49, 76, 158, 188, 191, 317, 334, 336, 373, 387, 400, 413, 479

Osmobiose, 89

Oxigênio, 86, 87, 89, 148, 159, 168, 180, 182, 204, 205, 213, 216, 227, 253, 270, 272, 419

P

Paineira, ver *Eriotheca gracilipes* (K. Schum.) A. Robyns

Paineira-do-cerrado, ver *Eriotheca pubescens* (Mart.) Schott & Endl.
Pajeú, ver *Triplaris gardneriana* Wedd.
Palmeiras, 4, 13, 83
Palmito, ver *Euterpe edulis* Mart.
Panicum L., 139, 140, 162
Papo-de-peru, ver *Aristolochia galeata* Mart. & Zucc.
Parapiptadenia rigida Benth., 233
Parentes silvestres, 174, 175, 190
Parkia multijuga Benth., 161
Parkia nitida Miq., 26, 161
Paspalum L., 97, 139, 162, 363
Paspalum notatum Flüggé, 97
Passiflora nitida Kunth., 161
Passiflora setacea DC., 14
Passiflora spp., 113
Pata-de-vaca, ver *Bauhinia forficata* Link
Patente, 461, 462, 487
Patrimônio genético, 458, 492, 493, 494, 497
Pau-formiga, ver *Triplaris* spp.
Pau-mulato, ver *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) K. Schum.
Pau-roxinho, ver *Peltogyne confertiflora* (Hayne) Benth.
Pau-santo, ver *Kielmeyera coriacea* Mart. & Zucc.
Pau-serrote, ver *Luetzelburgia auriculata* (Allemão) Ducke
Pau-terra-de-folha-larga, ver *Qualea grandiflora* Mart.
Paullinia cupana Kunth., 4, 14
Peletização/poletização, 44, 46
Peltogyne confertiflora (Hayne) Benth., 18,161

Pente-de-macaco, ver *Apeiba tibourbou* Aubl.
Pepino, ver *Cucumis sativus* L.
Pequi/pequizeiro, ver *Caryocar brasiliense* Cambess.
Pericarpo, 10, 11, 74, 75, 161
Pêssego, ver *Prunus persica* L. Batsch
Petroselinum sativum L., 164
Pfaffia glomerata (Sprengel) Pedersen, 13
Phaseolus vulgaris L., 4, 22, 49, 77, 101, 372
Phoenix dactylifera L., 172
Phytelephas aequatorialis Spruce, 4
Picão-preto, ver *Bidens pilosa* L.
Pimenta, ver *Capsicum* spp.
Pimenta-de-macaco, ver *Pipiper aduncun* L.
Pimenta-malagueta, ver *Capsicum frutescens* L.
Pimenta-rosa, ver *Schinus terebinthifolia* Raddi
Pimentão, ver *Capsicum annuum* L.
Pimpinella anisum L., 4
Pinheirinho-bravo, ver *Podocarpus lambertii* Endl.
Pinheiro-do-Paraná, ver *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze
Pipiper aduncun L., 11
Pisum sativum L., 36
Pitanga, ver *Eugenia uniflora* L.
Pitomba, ver *Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk
Plântula(s), 10, 31, 57, 58, 61, 68, 81-83, 85, 143, 144, 200-202, 235, 237, 240, 256, 263, 272, 273, 298, 303, 394
Platypodium elegans Vogel, 228
Pleurograma, 11, 26
Ploidia, 138, 145, 356, 357

Podocarpus lambertii Endl., 95

Pólen, 103, 105, 106, 108, 110-112, 115, 118, 119, 122, 124-126, 128, 129, 133, 134, 146, 340, 358, 360

Poliembrionia, 141-144

Polimorfismo ou heteromorfismo, 189

Polinização, 30, 32, 93, 106, 109, 112, 113, 118, 119, 123, 124, 127, 128, 146

 autopolinização, 106, 107, 383

 cruzada, 108, 383

 in vitro, 360

 manual, 125

 síndrome, 120, 121

 anemofilia, 121

 cantarofilia, 121

 esfingofilia, 121

 hidrofilia, 121

 melitofilia, 121

 miofilia, 121

 ornitofilia, 121

 psicofilia, 121

 quiropterofilia, 121

Polinizadores ou agentes polinizadores, 30, 107, 111, 113, 118-121, 124, 115, 374

Pragas de sementes, 304

Predador(es), 19, 83, 252, 254, 260, 261, 263, 264, 294, 297

Priming, 39, 40

Produtor de sementes, 249, 476, 477, 498

Propágulo(s), 6, 97, 364, 365

Proteção de cultivar(es), 458, 460-462, 464, 466, 468, 482

Prunus domestica L., 155

Prunus persica L. Batsh, 161, 186

Pseudobombax longiflorum (Mart.) A. Robyns, 288

Psidium guajava L., 95

Pteridium aquilinum (L.) Kuhn, 97

Pterodon emarginatus Vogel, 4

Pterogyne nitens Tul., 161

Punica granatum L., 14

Q

Qualea grandiflora Mart., 234, 446

Quaresmeira, ver *Tibouchina granulosa* (Desr.) Cogn.

Quiabo, ver *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench

Quiescência, 148, 227, 230

Quinoa, ver *Chenopodium quinoa* Willd

R

Rafe, 22

Registro Nacional de Cultivares-RNC, 468, 469, 471-473, 481

Registro Nacional de Sementes e Mudanças-RENASSEM, 249, 250, 255, 469, 470, 471, 476-478, 480, 481

Repolho, ver *Brassica oleracea* L. var. *capitata*

Reprodução assexuada, 94, 97, 139, 363

sexual, 30, 94, 98, 107, 297, 474

Romã, ver *Punica granatum* L.

Rosmarinus officinalis L., 226

S

Saccharum officinarum L., 97, 371, 489

Salacia L., 233

Salsa, ver *Petroselinum sativum* L..
Salsola volkensis Schweinf. & Asch., 196
Salvia hispanica L., 17
 Samambaia, ver *Matteuccia struthopteris* (L.) Tod.; *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn
Sansevieria trifasciata Prain, 97
Sarcomphalus joazeiro (Mart.) Hauenschild, 171, 228
 Sarcotesta, 11, 14, 19, 170, 288
Schinopsis brasiliensis Engl., 5, 228
Schinus terebinthifolia Raddi, 4
Schizolobium parahyba (Vell.) Blake, 11, 161
Sclerotium rolfsii Sacc., 309
Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de Bary, 309, 310
 Semente aleuro-amiláceas, 49
 aleuro-oleaginosas, 49
 amiláceas, 49
 apomíticas, 140
 autotrófica, 33
 beneficiamento ou processamento, 72, 234
 clones, 139, 363
 coleta, 410, 411, 412
 córnea, 49
 cotiledonar ou exalbuminosa, 36
 crioula(s), 392, 401, 402, 471, 480, 481, 495
 definição, 1, 95, 96
 desenvolvimento, 8, 31, 32, 128, 131, 148, 158, 193
 deterioração, 56, 57, 67, 215, 247, 294, 406, 413, 428, 452
 dispersão, 254, 284-286
 endospermática ou albuminosa, 35
 estruturas internas e externas, 10-12, 14, 15, 221, 289
 extração, 72-76

fármacos, 371
formação, 109, 110, 113
função, 3, 98
heterotrófica, 34
imatura, 72, 135
infeccionada, 36
infestada, 37
intermediária(o), 51, 396, 406
inviável, 227, 405
lipídicas, 49, 50
malformada, 31
morta, 150, 226
mutantes, 379
oleaginosas, 49, 50
orgânica, 500
ornamentos dos envoltórios, 11
ortodoxa(o), 51, 396, 406
para uso doméstico, 478
para uso próprio, 478
poliembriônica(s), 142, 143, 144
poligêrmicas, 142, 144
polimórfica, 189
processamento, 72, 234
produção, 104, 114, 116, 135-137, 146, 154, 348, 349, 363, 366,
372, 381, 466
recalcitrante, 51, 395, 405
revestida(s), 42-46, 248, 439
secagem, 413, 423, 424
sintética, 364, 365
terminator, 376, 487
transgênicas, 366-372, 374, 375, 391, 483
comercialização, 484-486, 489, 491
legislação, 391, 485

produção, 484, 485, 491
rotulagem, 488
tratadas, 47, 414-416, 437
usos, 4
vazia ou chocha, 32
viável, 227, 405

Senegalia polyphylla (DC.) Britton & Rose, 101, 161

Sequoia, ver *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl.

Sequoia sempervirens (D. Don) Endl., 95

Seringueira, ver *Hevea brasiliensis* (A.Juss.) Müll.Arg.

Serviço quarentenário, 347

Silene, ver *Silene stenophylla* Ledeb.

Silene stenophylla Ledeb., 172, 404

Siparuna guianensis Aubl., 4

Spondias mombin L., 155, 228

Spondias tuberosa Arruda, 170

Soja, ver *Glycine max* (L.) Merr.

Solanum americanum Mill., 161

Solanum lycocarpum A.St.-Hil., 229, 232

Solanum lycopersicum L., 83, 95, 122, 161, 317, 368, 388

Solanum tuberosum L., 97, 101, 334

Sorghum bicolor (L.) Moench, 13

Sorgo, ver *Sorghum bicolor* (L.) Moench

Strelitzia reginae Banks, 14

Stylosanthes guianensis (Aubl.) Sw., 162

Stylosanthes humilis Kunth., 155, 184

Sucupira, ver *Bowdichia* Kunth

Sucupira-amarela, ver *Enterolobium schomburgkii* (Benth.) Benth.

Sucupira-branca, ver *Pterodon emarginatus* Vogel
Sucupira-preta, ver *Bowdichia virgilioides* Kunth
Swartzia multijuga Vogel, 16
Syagrus Mart., 13
Syagrus romanzoffianna (Cham.) Glassman, 288
Syngonanthus nitens Ruhland, 11
Syzygium aromaticum (L.) Merr. & L.M. Perry, 438

T

Tabebuia DC., 232
Tabebuia spp., 232
Talisia esculenta (Cambess.) Radlk, 235
Tamareira, ver *Phoenix dactylifera* L.
Tamarindo, ver *Tamarindus indica* L.
Tamarindus indica L., 26
Tamboril, ver *Enterolobium gummiiferum* (Mart.) J.F. Macbr
Taraxacum F. H. Wigg., 140
Taraxacum officinale F. H. Wigg., 288
Tecnologias Genéticas de Restrição de Uso-GURT, 375, 376, 487
Tégme, 10
Tégmen, 10
Tegumento/casca, 10, 11, 14, 20, 44, 79, 80, 110, 130, 137, 140, 154, 161, 167, 170, 179, 189, 194, 200, 205-207, 226, 228, 230, 242, 270-272, 309, 329, 395, 448
Temperatura(s)
 armazenamento, 43, 391, 396, 424, 432-435, 436
 conservação, 51, 391-393, 397, 407, 415, 427, 429, 430
 dormência, 149, 153, 154, 157, 158, 159, 161, 162, 163, 166, 167, 179, 180, 181, 192, 193, 196, 208

germinação, 40, 64, 148, 213, 216-220, 225, 226, 235, 252, 253, 271, 273, 303, 385, 409

Tento-preto, ver *Ormosia flava* (Ducke) Rudd

Terminalia argentea Mart. & Zucc., 282

Terminalia kuhlmannii Alwan & Stace, 170

Testa, 10, 205

Testes, condutividade elétrica, 62, 68

embrião excisado, 239

envelhecimento acelerado, 62, 67

germinação, 62, 64, 149, 150, 235-239, 241, 244, 247, 249, 250, 396, 419

sanidade, 62, 69

raios x, 71

tetrazólio, 62, 66, 149, 150, 236, 239

umidade ou grau de umidade, 62, 63, 338, 427, 456

viabilidade, 62, 66

vigor, 65

Tetragonisca angustula Latreille, 116

Theobroma spp., 13, 403

Theobroma cacao L., 51

Tibouchina granulosa (Desr.) Cogn., 11

Timbó, ver *Ateleia glazioveana* Baill.

Tingui, ver *Magonia pubescens* A. St.-Hil.

Tomate/tomateiro, ver *Solanum lycopersicum* L.

Tremoço, ver *Lupinus albus* L.

Trichoderma Pers., 215

Trigos, ver *Triticum* L.; *Triticum sativum* Lam.

Triplaris gardneriana Wedd, 13

Triplaris spp., 27

Triplaris weigeltiana (Rchb.) Kuntze, 224

Triticum L., 171, 175, 198, 387, 458

Triticum sativum Lam., 78, 188

Tucumã, ver *Astrocarium tucuma* Mart.

U

Ucuubas, ver *Virola surinamensis* (Rottb.) Warb.; *Virola* spp.

Umbu, ver *Spondias tuberosa* Arruda.

Urochloa brizantha (A. Rich.) R.D. Webster, 155

Urucu, ver *Bixa orellana* L.

V

Viabilidade, 51, 55, 57, 60, 135, 149, 150, 236, 385, 426, 428

Vigna radiata (L.) R. Wilczek, 170

Vigna unguiculata (L.) Walp., 49

Vigor, 54, 56, 58, 62, 247, 384, 385, 407, 416, 417, 477

Virola surinamensis (Rottb.) Warb., 4, 236

Virola spp., 27

Vírus, 304, 319, 320, 322-325, 345, 349, 352, 356, 489

Viviparidade, 83, 177, 196

Z

Zea mays L., 74, 78, 91, 175, 222, 372, 375, 414, 479, 489, 491

Zoysia japonica Steud., 97



Nesse livro, especialistas de distintas áreas das ciências biológicas pertencentes à Embrapa Recursos Genéticos e a outras instituições de pesquisa e ensino buscaram responder as questões recorrentes e disponibilizar as informações atuais sobre Sementes, tema esse que suscita interesse aos mais diversos públicos: agricultores, viveiristas, estudantes, profissionais de diversas áreas biológicas ou outros interessados em saber um pouco mais sobre sementes.

Com linguagem acessível e objetiva permitindo, assim, melhor compreensão do tema, essa publicação foi estruturada em 10 capítulos. Nesses capítulos foram abordados conceitos, definições e requerimentos para a formação de sementes, eventos inerentes à dormência, à regulação da germinação, aos mecanismos de sobrevivência e longevidade em condições artificiais e em comunidades vegetais, a descrição das pragas, aos procedimentos biotecnológico e à legislação para a produção desse insumo básico da agrossilvicultura: Sementes.