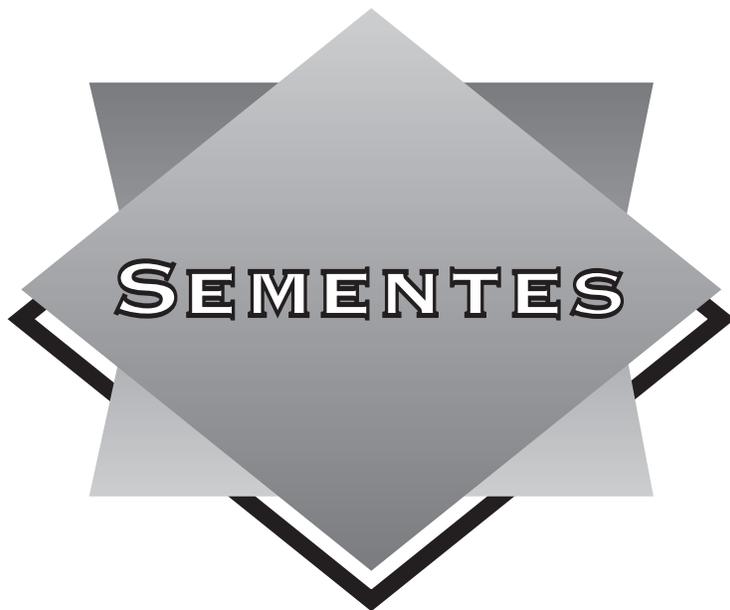


*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Ministério da Agricultura e Pecuária*



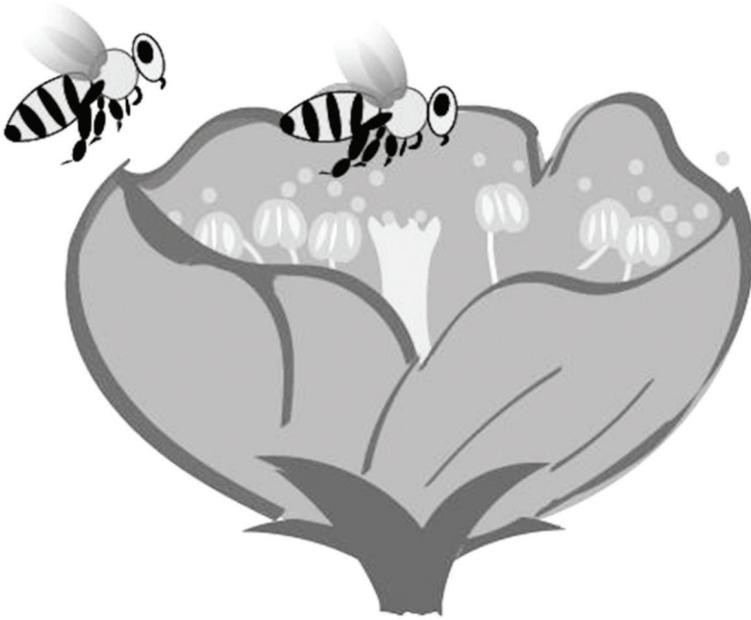
O produtor pergunta, a Embrapa responde

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

Editores Técnicos

Embrapa
*Brasília, DF
2023*

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].

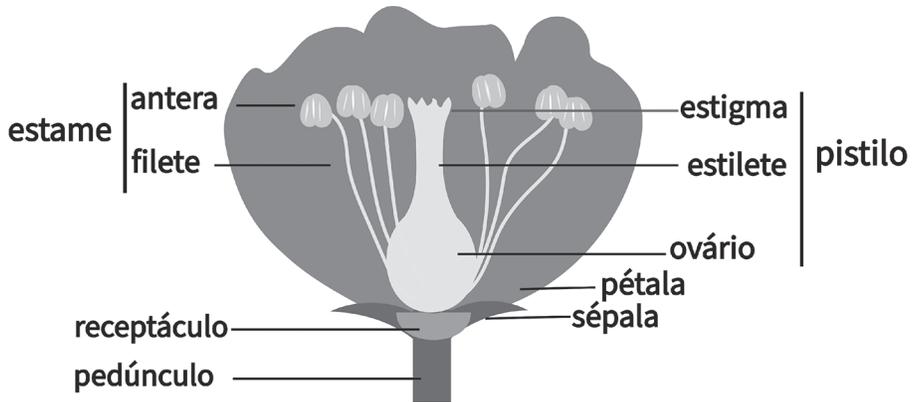


Figura 1. Representação esquemática de uma flor hermafrodita mostrando os órgãos reprodutivos masculino (estame: antera e filete) e feminino (pistilo: estigma, estilete, ovário) e as peças florais (pétala, sépala, receptáculo e pedúnculo).

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.

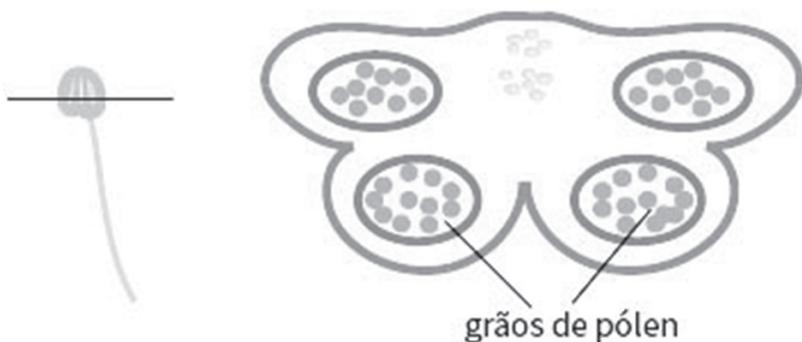


Figura 2. Representação esquemática de uma antera, à esquerda, seccionada transversalmente, e à direita, os grãos de pólen em seu interior.

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.

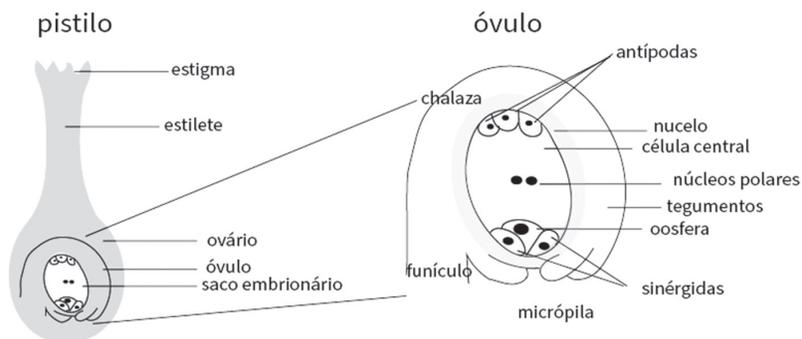


Figura 3. Representação esquemática do pistilo e das partes do óvulo e do saco embrionário do tipo *Polygonum*.

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.

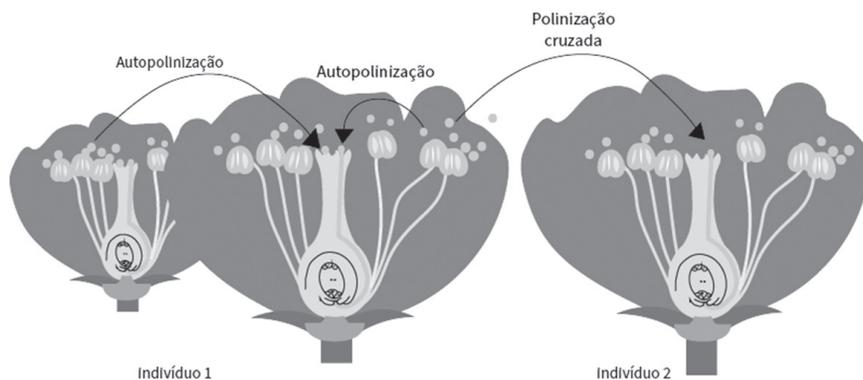


Figura 4. Representação esquemática de autopolinização e de polinização cruzada.

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 (manejas 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.

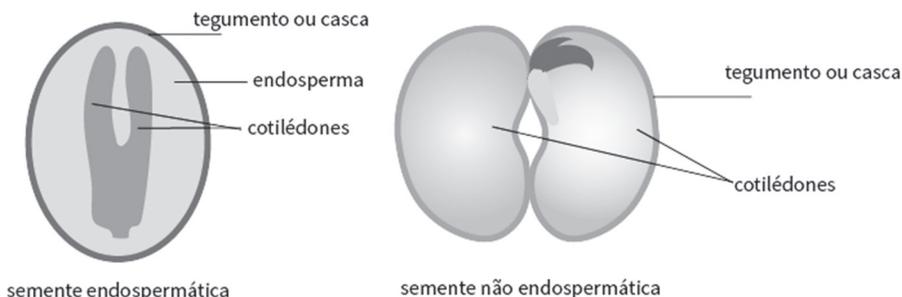


Figura 6. Representações esquemáticas de semente endospermática (seringueira, *Hevea brasiliensis* M. Arg.) e de semente não endospermática (feijão, *Phaseolus vulgaris* L.).

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.

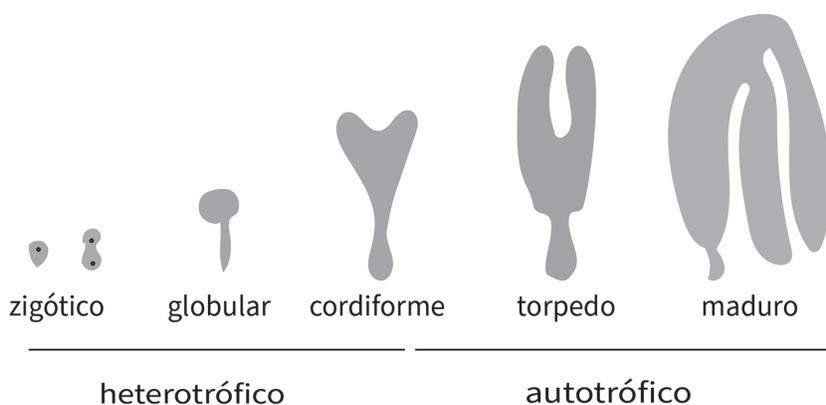


Figura 7. Representação esquemática dos estádios de desenvolvimento do embrião zigótico da dicotiledônea arabidopsis (*Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh.).

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.

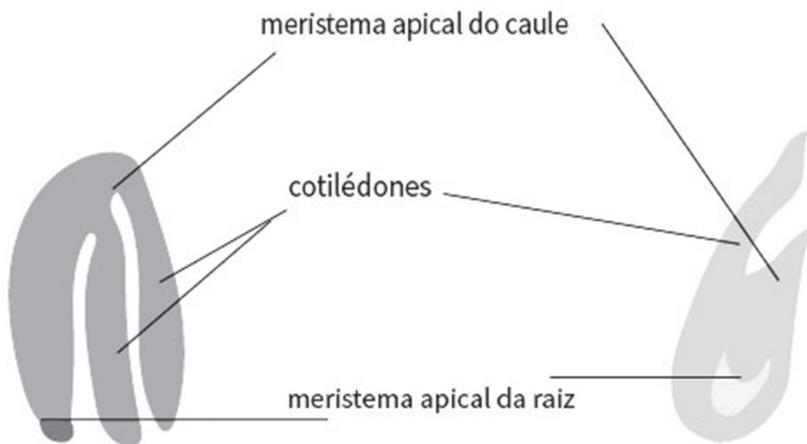


Figura 8. Representações esquemáticas de embriões de dicotiledônea (à esquerda) e de monocotiledônea (à direita).

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 nucelares 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.