

As *angiospermas* compreendem representantes como o milho, o arroz, o trigo, o coqueiro, a orquídea, o feijão, a roseira, o ipê, o eucalipto, a margarida, a goiabeira, a laranjeira, o capim, etc. São plantas vasculares, cujo corpo é dotado de raízes, caule, folhas, flores e sementes. Independem da água para a fecundação e se reproduzem por alternância de gerações, com o esporófito constituindo a fase mais complexa e duradoura, e o gametófito representando a fase pouco complexa, reduzida e passageira.

Essas plantas são as únicas que produzem *frutos*; daí o nome do grupo: *angiospermas* (do grego *angeion*: vaso, bolsa; *sperma*: semente), significando que são plantas com sementes encerradas no interior de uma "bolsa", o fruto.

As angiospermas classificam-se em *monocotiledôneas* e *dicotiledôneas*, assunto que será detalhado mais adiante.

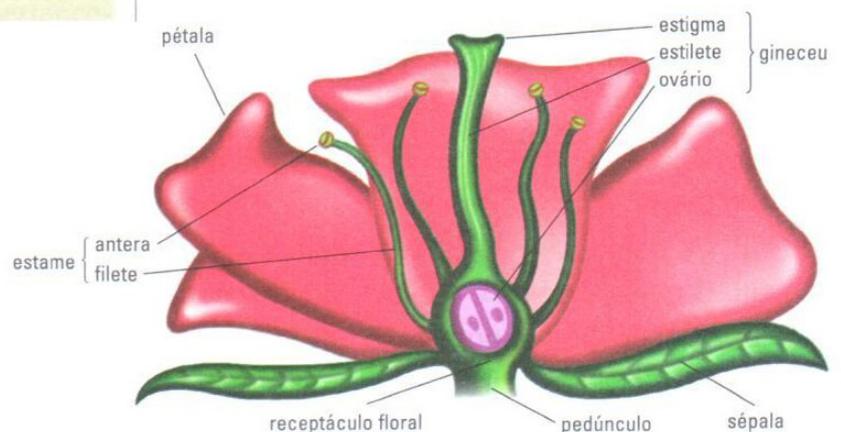
As angiospermas são normalmente os principais *produtores* de matéria orgânica nos ecossistemas terrestres, constituindo *fontes de alimento* para os seres humanos e outros animais. Dessas plantas, os seres humanos utilizam para a sua alimentação: raízes (cenoura), caules (batata comum), folhas (couve), frutos (mamão), sementes (feijão) e flores (couve-flor). Muitas angiospermas são usadas na ornamentação de ambientes, como lírios e orquídeas; algumas têm aplicações industriais, como a cana-de-açúcar (fabricação de açúcar e álcool), o ipê e a peroba (indústria madeireira).

## A reprodução das angiospermas

Para o estudo da reprodução desse grupo de plantas, vamos considerar inicialmente a estrutura de uma flor completa.

Uma flor completa (figura 40.1) é constituída das seguintes partes:

- **pedúnculo** — eixo de sustentação da flor;
- **receptáculo** — dilatação apical do pedúnculo, onde estão inseridas as peças florais;
- **cálice** — conjunto formado por folhas modificadas, geralmente verdes, denominadas *sépalas*;



**Fig. 40.1** Esquema de uma flor completa. Quando uma flor possui gineceu e androceu é chamada *hermafrodita*; quando possui apenas gineceu é *unissexuada feminina*; caso possua apenas androceu, é *unissexuada masculina*. Denomina-se *perianto* o conjunto formado pelo cálice e pela corola, que são os verticilos protetores da flor.

- **corola** — conjunto formado por folhas modificadas, geralmente coloridas, denominadas *pétalas*;
- **androceu** — sistema masculino de reprodução, constituído por um conjunto de folhas modificadas denominadas *estames*;
- **gineceu** — sistema feminino de reprodução, constituído por um conjunto de folhas modificadas denominadas *carpelos* ou *pistilos*.

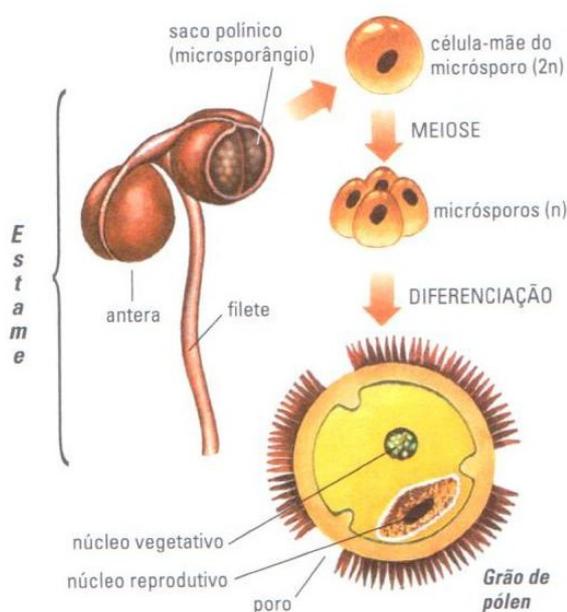
## Estrutura e constituição dos estames

Os estames são os esporófilos masculinos da planta, isto é, são folhas modificadas produtoras de *micrósporos* (grãos de pólen). Cada estame, por sua vez, é constituído de:

- **filete** — estrutura filamentar que sustenta a antera;
- **antera** — porção dilatada do filete e que abriga os *sacos polínicos* ou *microsporângios*.

No interior do saco polínico existem células diplóides ( $2n$ ) denominadas *células-mães dos micrósporos*. Cada uma dessas células sofre meiose e origina quatro *micrósporos haplóides* ( $n$ ). O núcleo de cada micrósporo sofre mitose. Então, o micrósporo se diferencia em *grão de pólen*. Cada grão de pólen é um micrósporo diferenciado e possui um núcleo vegetativo e um núcleo reprodutivo, ambos haplóides.

Na figura 40.2 você tem um esquema da formação do grão de pólen.



**Fig. 40.2** O estame e a produção do grão de pólen.

## Estrutura e constituição dos carpelos

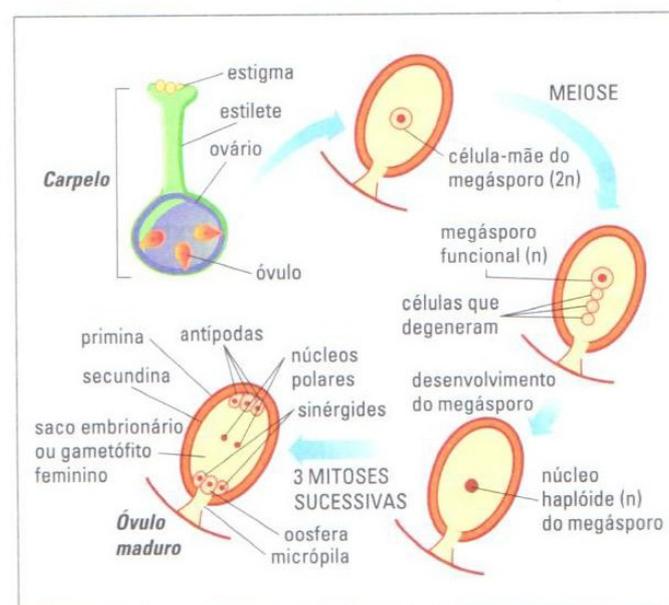
Os carpelos ou pistilos são os esporófilos femininos da planta. Cada carpelo é constituído de:

- **estigma** — porção apical, responsável pela recepção de pólen;
- **estilete** — eixo de sustentação do estigma;
- **ovário** — porção basal globosa que produz e armazena óvulos.

Cada óvulo é um *megasporângio*, isto é, uma bolsa produtora de *megásporo*. No interior de um megasporângio existe a célula-mãe do megásporo, que é diplóide ( $2n$ ). Esta célula sofre meiose e origina quatro células haplóides ( $n$ ). Então, três dessas células degeneram e apenas uma, denominada *megásporo funcional*, cresce e passa a ocupar praticamente todo o espaço interno do megasporângio. Depois disso, o núcleo haplóide do megásporo sofre três mitoses consecutivas e origina oito núcleos haplóides, dos quais:

- três núcleos formam células denominadas *antípodas*, células situadas no pólo distal em relação à micrópila, que é a abertura do óvulo;
- dois núcleos formam as *sinérgides*, células localizadas no pólo proximal em relação à micrópila;
- dois núcleos ficam na região central e são chamados *núcleos polares*;
- um núcleo forma a *oosfera*, gameta feminino que fica situado entre as sinérgides.

Analise a figura 40.3, que esquematiza todo o processo estudado acima e avança para a maturação do óvulo.



**Fig. 40.3** O carpelo e a maturação do óvulo.

Observe na maturação do óvulo representado na figura que:

- um óvulo maduro contém o saco embrionário ou gametófito feminino, resultante do desenvolvimento do megásporo;
- o saco embrionário (gametófito feminino) aloja a oosfera, que é o gameta feminino;
- a primina e a secundina são dois envoltórios (externo e interno, respectivamente);
- a micrópila é a abertura do óvulo.

Agora que você já conhece a estrutura de uma flor completa, vamos estudar o processo reprodutivo das angiospermas.

## Polinização, germinação e fertilização: as etapas do processo reprodutivo

Pode-se dividir o processo reprodutivo das angiospermas em três etapas: polinização, germinação do pólen e fertilização.

### A polinização

Consiste no transporte do grão de pólen desde a antera até o estigma.

Quando a polinização é processada pela ação:

- do *vento*, é denominada *anemófila*;
- de *insetos*, é chamada *entomófila*;
- de *pássaros*, é denominada *ornitófila*.

As flores polinizadas por insetos e pássaros têm geralmente perianto vistoso, glândulas odoríferas, produzem néctar e os estigmas são estreitos, ao contrário do que se verifica entre as flores polinizadas pelo vento.

### A germinação do pólen

Você pode ir acompanhando o texto pela figura 40.4. Uma vez depositado sobre o estigma, o grão de pólen germina, isto é, emite um prolongamento — o *tubo polínico* — que cresce, através do estilete, em direção à micrópila do óvulo. Na frente do tubo, orientando o crescimento, situa-se o núcleo vegetativo; logo atrás encontra-se o núcleo reprodutivo. Antes de atingir o óvulo, o núcleo reprodutivo divide-se e origina *dois núcleos espermáticos haplóides*, considerados os gametas masculinos. Por isso, o *tubo polínico constitui o gametófito masculino*.

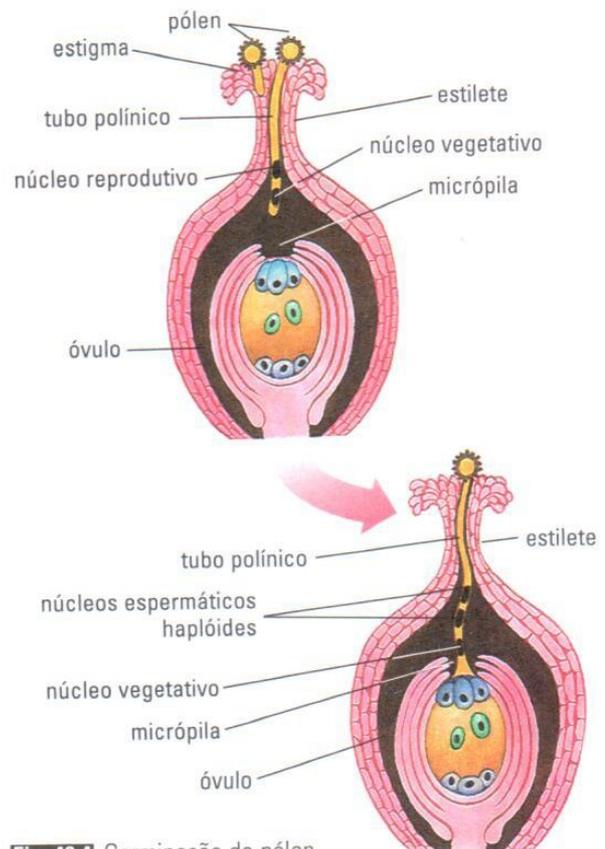


Fig. 40.4 Germinação do pólen.

### A fertilização

O tubo polínico penetra no óvulo pela micrópila e atinge o saco embrionário. Nessa altura, o núcleo vegetativo degenerou e os dois núcleos espermáticos (gametas masculinos) iniciam o processo de fertilização.

A fertilização consiste na união de um dos núcleos espermáticos ( $n$ ) com a oosfera ( $n$ ), resultando na formação de uma *célula-ovo* ou *zigoto* ( $2n$ ).

O zigoto, por mitoses sucessivas, formará o *embrião* da nova planta. O outro núcleo espermático ( $n$ ) funde-se com os núcleos polares ( $n + n$ ), formando um *núcleo triplóide* ( $3n$ ). Esse núcleo poderá originar um *tecido triplóide* rico em reservas, chamado *endosperma* ou *albúmen*, como ocorre nas sementes de milho, arroz, coco e outras.

A fertilização nas angiospermas ocorre no interior do saco embrionário e é dupla, pois envolve a formação de um zigoto (núcleo espermático + oosfera) e de um núcleo triplóide (núcleo espermático + núcleos polares). Nas gimnospermas, a fecundação é simples, uma vez que somente um dos núcleos espermáticos participa do processo; o outro degenera.

Após a fertilização, ocorre intenso desenvolvimento do óvulo, que origina a *semente*. Acompanhando o desenvolvimento do óvulo, o ovário também cresce e transforma-se no *fruto*. Então, normalmente com significativa participação do fruto, as sementes já podem ser propagadas e, em condições favoráveis, o embrião se desenvolve e organiza uma nova planta, fechando o ciclo reprodutivo.

Na figura 40.5 você pode rever todo o processo reprodutivo das angiospermas, desde a polinização até o desenvolvimento da semente e do fruto.

## Os tipos de fruto

Os frutos podem ser classificados basicamente em dois tipos: carnosos e secos.

Os frutos carnosos são suculentos e normalmente comestíveis, como a laranja, a uva, o abacate, etc. Os frutos secos não são suculentos; é o caso da vagem do feijão e dos grãos de milho (figura 40.6).

cate, etc. Os frutos secos não são suculentos; é o caso da vagem do feijão e dos grãos de milho (figura 40.6).

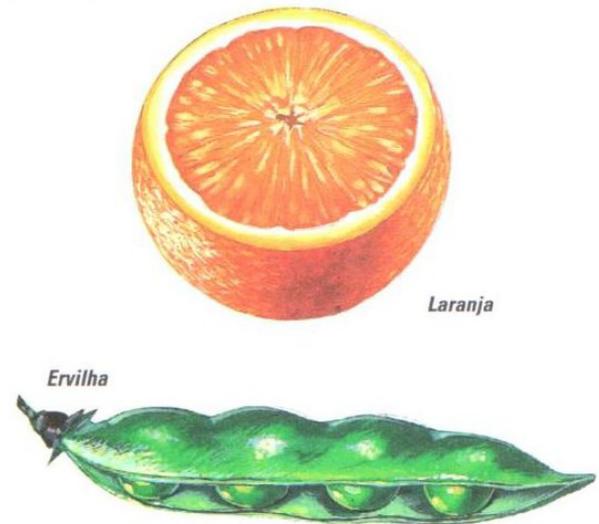


Fig. 40.6 Fruto carnosos e fruto seco.

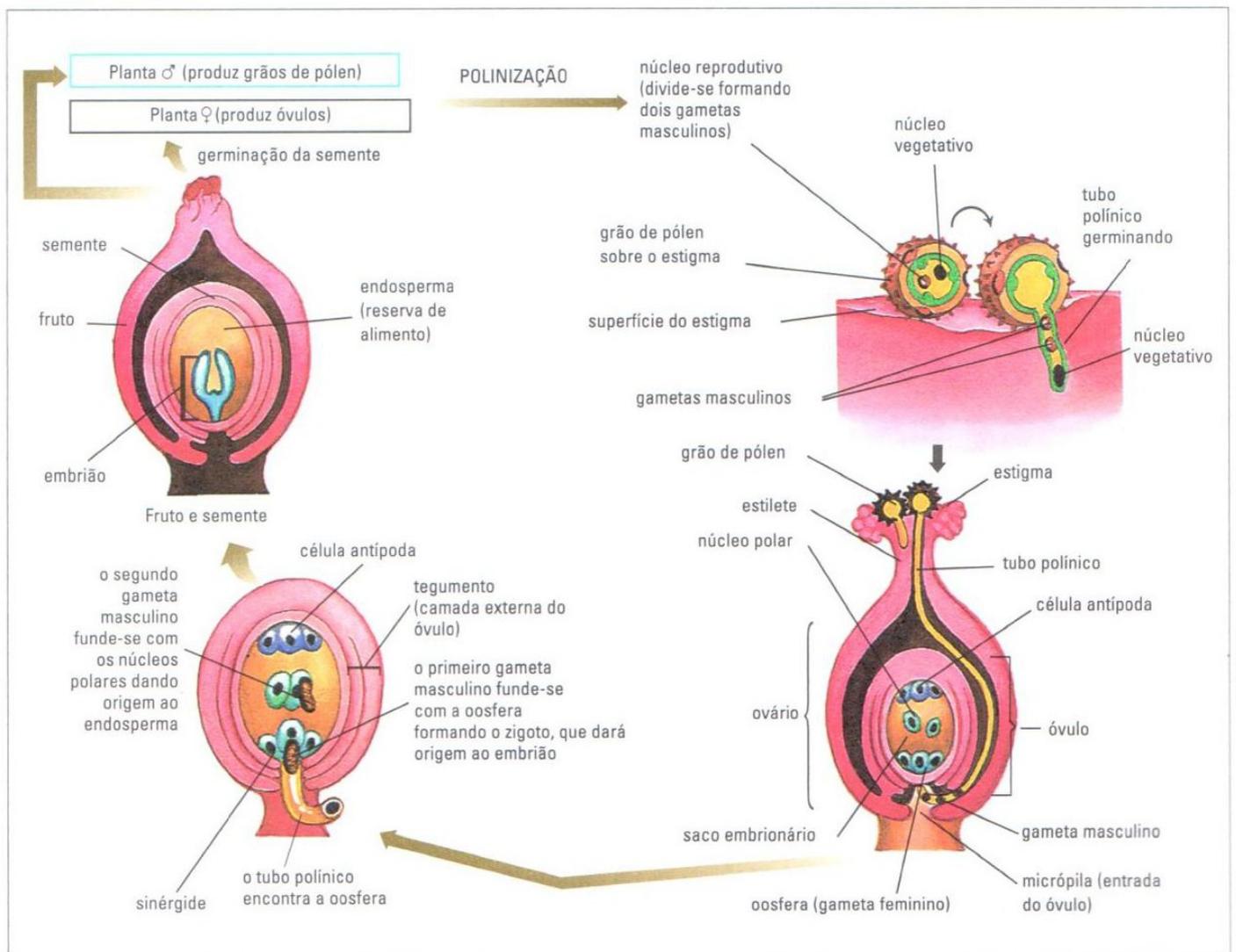


Fig. 40.5 O ciclo reprodutivo nas angiospermas.

## A importância dos frutos

Os frutos são uma exclusividade das angiospermas e contribuem para o sucesso adaptativo dessas plantas, uma vez que, além de proteger as sementes, favorecem a sua dispersão, permitindo a conquista de novos territórios.

A dispersão das sementes envolve a presença de várias características adaptativas. Entre elas, podemos considerar: frutos suculentos, coloridos e de odor agradável (goiaba, laranja, etc.), adaptados para a dispersão por meio de animais; frutos secos, mas dotados de ganchos fixadores que se aderem aos pêlos e às penas dos animais (exemplo: carrapichos); frutos ou sementes leves, às vezes com expansões que lembram asas ou com inúmeros pêlos disseminadores, adaptados para a dispersão pelo vento (exemplo: "dente-de-leão").

Morcegos, pássaros diversos e roedores (pacas, cutias) são exemplos de animais de nossa fauna silvestre que têm significativa participação na dispersão de sementes em nossas matas.

### Os pseudofrutos

A maçã, a pêra, o caju, o morango e o figo são exemplos de *pseudofrutos*, uma vez que as estruturas carnosas se desenvolvem a partir de outras partes da flor, além do ovário. Não são frutos verdadeiros, pois não se originam, em sua maior porção, do ovário da flor. No caju, a parte comestível se origina do pedúnculo da flor; na maçã e na pêra, a parte comestível deriva do receptáculo da flor (figura 40.7).

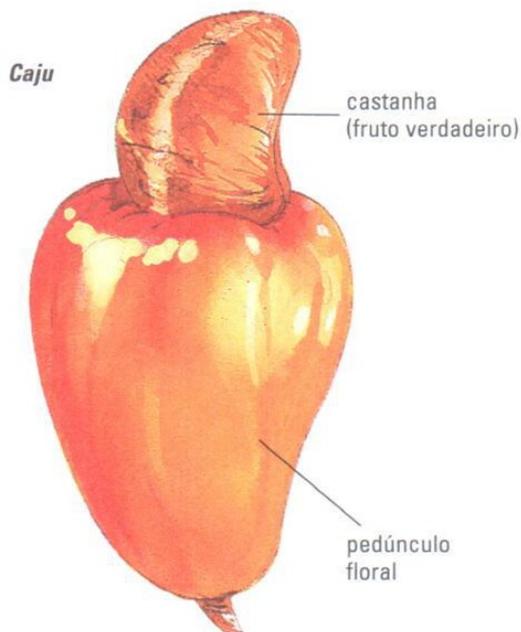


Fig. 40.7 Exemplo de pseudofruto.

### A estrutura da semente

Como vimos, a semente representa o óvulo fecundado e desenvolvido. Ela é constituída basicamente de um *tegumento* que envolve o *embrião* e o *endosperma*.

**Tegumento ou casca.** É o envoltório protetor da semente.

**Embrião.** Estrutura diplóide ( $2n$ ) que se origina do zigoto, é o responsável pela formação da nova planta. No embrião existe:

- uma *radícula*, que dará origem à raiz;
- um *caulículo*, que formará a porção basal do caule;
- uma *gêmula*, que origina a porção apical do caule;
- os *cotilédones*, que são folhas modificadas e associadas com a nutrição das células embrionárias que se multiplicam para a formação da nova planta.

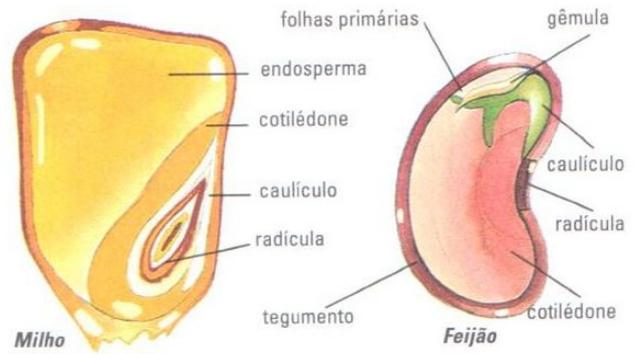
**Endosperma ou albúmen.** Tecido triplóide ( $3n$ ) que se origina da fusão entre um núcleo espermático e os dois núcleos polares. Esse tecido acumula substâncias diversas, destinadas à nutrição do embrião.

### Os cotilédones: folhas diferenciadas das sementes

As angiospermas podem ser classificadas em monocotiledôneas e dicotiledôneas.

Nas angiospermas *monocotiledôneas* (exemplo: o milho), as sementes abrigam apenas *um cotilédone*, que atua transferindo os nutrientes do

endosperma para as células embrionárias em desenvolvimento. Já nas *dicotiledôneas*, as sementes contêm *dois cotilédones*; caso nessas sementes o endosperma se apresente atrofiado, como no feijão e na soja, os próprios cotilédones armazenam as reservas necessárias para o desenvolvimento embrionário. Veja a figura 40.8.



**Fig. 40.8** Semente de monocotiledônea (milho) e de dicotiledônea (feijão).

As sementes representam verdadeiras “fortalezas” biológicas que protegem o embrião contra desidratação, calor, frio e ação de parasitas. Constituem uma das mais importantes adaptações das gimnospermas e das angiospermas para a vida terrestre. Além disso, as sementes armazenam reservas nutritivas, que funcionam como um “leite materno” capaz de garantir a nutrição do embrião até que a nova planta em desenvolvimento produza suas primeiras folhas; então ela passa a produzir seu próprio alimento por meio da fotossíntese.

As plantas portadoras de sementes são genericamente chamadas de *espermatófitas* (do grego *sperma*: semente; *phyton*: planta).

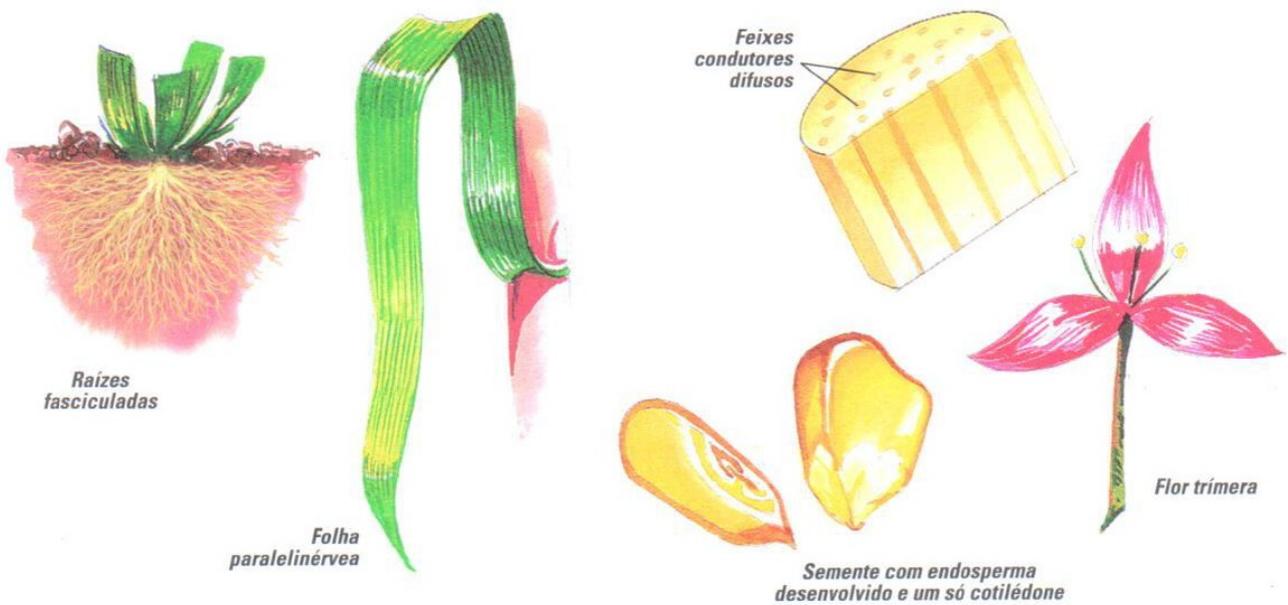
### Monocotiledôneas e dicotiledôneas: características principais

Além do número de cotilédones presentes na semente, as angiospermas monocotiledôneas e dicotiledôneas exibem outras características que também podem diferenciá-las.

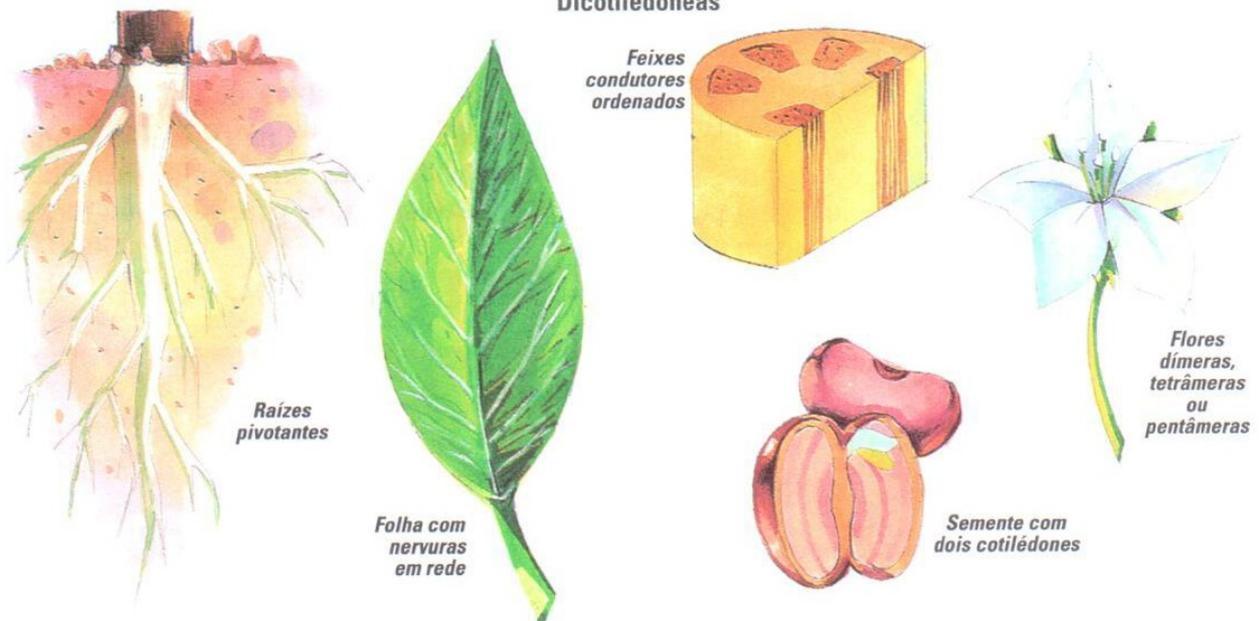
No quadro abaixo e na figura 40.9, na página seguinte, você pode verificar as principais diferenças entre esses dois grupos de angiospermas.

Características	
Monocotiledôneas	Dicotiledôneas
Raízes fasciculadas ou em cabeleira, isto é, observa-se um aglomerado de raízes com mais ou menos o mesmo grau de desenvolvimento.	Raízes pivotantes ou axiais, que têm maior grau de desenvolvimento do que as demais e, geralmente, penetram no solo verticalmente.
Caules com feixes liberolenhosos desordenadamente distribuídos.	Caules com feixes liberolenhosos ordenados em círculos.
Folhas paralelinérveas (com nervuras paralelas).	Folhas reticuladas (com nervuras em rede).
Flores trímeras, isto é, as peças florais organizam-se em número de três ou múltiplo de três (as flores têm três sépalas, três pétalas, três estames, três carpelos; ou seis pétalas, seis sépalas, etc.).	Flores dímeras, tetrâmeras ou pentâmeras, isto é, com peças florais organizadas em número de duas, quatro, cinco ou múltiplos.
Sementes com <i>um</i> cotilédone; as reservas são armazenadas no <i>endosperma</i> ou <i>albúmen</i> , bastante desenvolvido.	Sementes com <i>dois</i> cotilédones, que podem ser ricos em reservas quando o <i>endosperma</i> é pouco desenvolvido.

## Monocotiledôneas



## Dicotiledôneas



**Fig. 40.9** Características gerais das monocotiledôneas e das dicotiledôneas.

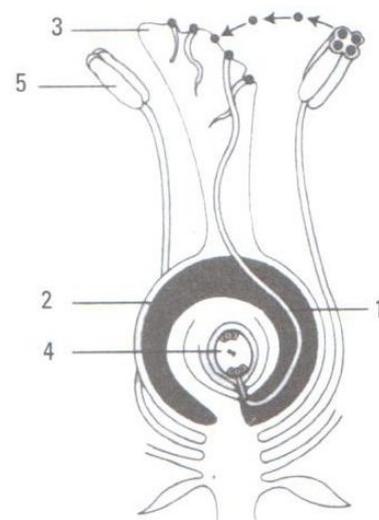
## Tubo polínico e independência da água para a fecundação

As briófitas e as pteridófitas, como vimos, dependem da água para a fecundação: os gametas masculinos (anterozóides) deslocam-se em meio líquido até os gametas femininos (oosferas).

Mas nas gimnospermas coníferas, como os pinheiros e sequóias, e nas angiospermas, *o nadar dos anterozóides é substituído pelo crescer do tubo polínico*, isto é, os gametas masculinos (núcleos espermáticos) não se deslocam mais em meio líquido: eles são simplesmente *transportados até a oosfera pelo tubo polínico*. Isso significa que essas plantas *independem da água para a fecundação*, o que constitui uma considerável adaptação à vida terrestre.

## QUESTÕES PROPOSTAS

- Considerando o mecanismo de reprodução nas angiospermas, responda:
  - O que é polinização? Cite duas características de flores polinizadas pelo vento e pelos insetos.
  - Descreva a dupla fecundação que ocorre no saco embrionário.
  - Quais as partes da flor que originam as sementes e os frutos?
- (Fuvest-SP) O grão de pólen não é o gameta masculino de uma planta. Justifique essa afirmação.
- (Vunesp) Considerando as fases gametofítica e esporofítica que ocorrem no ciclo de vida das angiospermas, qual delas estaremos observando ao olhar para uma goiabeira adulta, em seu estágio vegetativo? Qual seria a outra fase?
- (Ufla-MG) As angiospermas diferem dos demais vegetais por possuir endosperma triplóide. Descreva o fenômeno responsável por essa característica.
- (Unicamp-SP) Uma das tendências evolutivas no reino vegetal foi a redução progressiva da fase haplóide, o gametófito.
  - A que corresponde, nas angiospermas, o gametófito masculino? E o gametófito feminino?
  - Indique, através dos números, onde estão localizadas essas estruturas no esquema de flor representado ao lado.
  - Dê o nome do gameta feminino.
- (Ufes) As gimnospermas e as angiospermas apresentam algumas características em comum. As angiospermas constituem o grupo vegetal com mais biodiversidade, embora representem o grupo mais recente na história da Terra.
  - Compare esses dois grupos, destacando algumas semelhanças e diferenças.
  - Aponte algumas características que podem explicar o êxito das angiospermas em termos de biodiversidade.
- (PUC-SP) Ao discutir com colegas a origem do fruto, um estudante afirmou: "O tomate é um fruto verdadeiro, enquanto o caju (porção suculenta e comestível) é um pseudofruto". Você concorda com essa afirmação? Justifique sua resposta.
- (Fuvest-SP) Que grupos de plantas produzem sementes? Qual foi a importância das sementes na adaptação das plantas ao ambiente terrestre?
- (Unicamp-SP) Um grupo de vegetais tem como características a produção de flores pentâmeras e folhas com nervuras do tipo reticulínerevas. Identifique o grupo que apresenta as características acima e indique duas características adicionais típicas deste grupo.
- (Fuvest-SP) Responda:
  - Em que grupos vegetais ocorre independência de água para a fecundação?
  - Nesses grupos, como a fecundação pode ocorrer sem a água?



# Contextos, aplicações, interdisciplinaridade

Uma seção para você ligar a biologia à realidade da vida e da sociedade

## FAMÍLIAS IMPORTANTES

São muitas as angiospermas importantes para os interesses humanos. Mas talvez nenhuma atinja a proporção que têm as famílias das *gramíneas* e das *leguminosas*.

As gramíneas são angiospermas do grupo das monocotiledôneas. Compreendem mais de 5 000 espécies reunidas em cerca de 700 gêneros, incluindo plantas como o trigo, o milho, o arroz, o sorgo, a aveia, o centeio, a cevada, o bambu, a cana-de-açúcar e vários tipos de capim que compõem os pastos e servem de alimento para animais diversos.

Entre as plantas da família das gramíneas e sua utilização pelos seres humanos, destacamos os seguintes exemplos:

- Trigo — cereal mundialmente mais consumido como alimento humano, é cultivado desde 5000 a.C. no Egito. O grão de trigo fornece a farinha especialmente utilizada na fabricação de pão.
- Arroz — nativo da Ásia e cultivado na Índia desde 3000 a.C., é o cereal mais consumido no mundo, depois do trigo.
- Milho — planta originária da América e cultivada desde o século VI a.C., o milho é outra gramínea de notável importância na alimentação humana. Seus grãos fornecem a farinha de milho, empregada, por exemplo, na fabricação de pães e de bolos. O amido de milho, além de usado como alimento humano, permite a obtenção de álcool etílico. Do milho também se extrai óleo comestível.
- Cana-de-açúcar — originária da Ásia, fornece o açúcar sacarose, largamente utilizado como adoçante de bebidas, no preparo de bolos, etc.

Da fermentação do açúcar da cana obtém-se o álcool etílico.

- Centeio — cultivado principalmente em países de clima temperado do hemisfério Norte, produz um grão duro do qual se obtém a farinha usada na fabricação do “pão preto” de centeio e de bebidas como a cerveja.
- Sorgo — a espiga fornece cerdas utilizadas na produção de escovas e de vassouras, e a farinha do grão é largamente empregada na fabricação de pão em países da África.
- Cevada — pela moagem incompleta de seus grãos obtém-se a farinha de sêmola. Os grãos também permitem a obtenção do malte, utilizado na fabricação de cerveja.
- Aveia — planta de regiões temperadas da qual se extraem féculas bastante consumidas como alimento humano.
- Bambu — algumas espécies fornecem brotos comestíveis e outras são cultivadas para decoração ou confecção de objetos como cestas e móveis, além de empregadas na construção civil em paredes e tetos.



Trigo.



Arroz.



Bambu.



Milho.

As leguminosas são angiospermas do grupo das dicotiledôneas. Compreendem aproximadamente 13 000 espécies reunidas em cerca de 600 gêneros.

Entre as leguminosas, destacamos os exemplos abaixo e sua utilização pelos seres humanos:

- Feijão — cultivado em larga escala em vários países do mundo, o feijão é prato praticamente diário nas mesas brasileiras. Suas sementes contêm cerca de 25% de proteínas e 65% de carboidratos.
- Soja — planta originária da China e do Japão, fornece sementes muito nutritivas, com aproximadamente 45% de proteínas, das quais se obtêm alimentos diversos e óleo comestível.
- Ervilha — produtora de sementes bastante apreciadas para confeccionar grande variedade de pratos.
- Lentilha — fornece sementes de considerável valor nutritivo.
- Grão-de-bico — planta muito popular principalmente nos países mediterrâneos, cujas sementes contêm cerca de 20% de proteínas e 55% de carboidratos.

- Amendoim — produz sementes comestíveis que também permitem a extração de óleo na percentagem de 40 a 50%.

Algumas leguminosas, como a alfafa, são utilizadas pelos seres humanos como plantas forrageiras, destinadas à alimentação de animais diversos. Leguminosas arbóreas, como a acácia-branca, a sibipiruna e o flamboaiã, são usadas como plantas ornamentais em parques, jardins, ruas e avenidas. Por fim, vale lembrar que o pau-brasil, um dos símbolos nacionais, é também um exemplo dessa importante família de plantas.



Pau-brasil.

### Pense e resolva

(Fuvest-SP) O mundo vai acabar e você com um(a) parceiro(a) foi escolhido(a) para fugir para uma ilha deserta, e lá começar tudo de novo. Você pode levar consigo sementes de apenas duas famílias de plantas. Que famílias você escolheria? Justifique.