

**FACULDADE DE CIÊNCIAS DE CURVELO**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

# **ANATOMIA VEGETAL**

**PROF. FERNANDO A. O. SILVEIRA**

**CURVELO**  
**2004**

## **Apresentação**

Caro aluno,

Esta apostila é apenas mais um instrumento para auxiliar na sua aprendizagem. De forma alguma você deve utilizá-la para substituir os livros-texto de Anatomia Vegetal. Certamente esta apostila contém inúmeros erros e eu conto com sua ajuda para corrigi-los. Por favor, me avise sempre que identificar algum engano para que possamos aperfeiçoar este material. Mesmo com todas as limitações, espero que ela possa te ser útil.

A Anatomia Vegetal inclui o estudo das células e tecidos vegetais. Este material só pode ser visualizado nas lâminas histológicas através do microscópio. Portanto, traga sempre seu jaleco consigo. A não utilização do jaleco impede a permanência dos alunos dentro do laboratório.

Espero que possamos ter um agradável semestre com uma grande troca de informações e experiências. Bons estudos!!!!

Fernando A. O. Silveira

## Desenvolvimento embrionário

Após a fecundação, ocorre a formação do zigoto. Este é constituído de uma célula diplóide que se divide logo em seguida dando origem a duas células-filhas. A célula basal vai se diferenciar em uma estrutura chamada **suspensor**. A célula apical se diferencia e dá origem ao pró-embrião. O pró-embrião segue seu desenvolvimento dentro do ovário e sua nutrição é feita através do suspensor que está ligado aos tecidos da planta-mãe. Além disso, o suspensor possui a função de transferir hormônios da planta-mãe para o embrião em desenvolvimento. Porém, isso ocorre apenas nas angiospermas; nas gimnospermas e pteridófitas, o suspensor é metabolicamente inativo.

O embrião, inicialmente, possui a forma **globular**. Neste estágio seus tecidos ainda estão indiferenciados. O próximo estágio, nas eudicotiledôneas, é o **cordiforme**. Pela presença dos dois cotilédones, o embrião assume a forma de um coração. Nas monocotiledôneas, o embrião toma um aspecto **cilíndrico**, pois só apresenta um cotilédone. No segundo estágio já é possível distinguir alguns tecidos como a protoderme e o meristema fundamental. Após este período, o embrião sofre um grande alongamento no sentido longitudinal e por isso sua forma é denominada de **torpedo**. Já é possível diferenciar cada um dos meristemas primários: **protoderme, procâmbio e meristema fundamental**.

O suspensor tem vida curta e usualmente se degenera por apoptose. Quando isto não acontece, o embrião cresce muito e acaba comprimindo o suspensor até que ele deixe de funcionar. Via de regra, o embrião produz substâncias que inibem o desenvolvimento do suspensor. Quando nenhuma destas situações ocorre, o suspensor pode se desenvolver e dar origem a um novo embrião. A presença de mais de um embrião dentro de uma semente é chamada de **poliembrionia** e é bastante comum no ipê amarelo (*Tabebuia* sp.). Algumas células da nucela também podem originar embriões.

Há 4 diferenças marcantes entre um embrião de uma eudicotiledônea e uma monocotiledônea: 1) nas monocotiledôneas, existe uma bainha chamada **coleóptilo** que reveste a **plúmula**; 2) em monocotiledôneas, existe uma bainha chamada **coleorriza** revestindo a **radícula**. Estas bainhas estão ausentes nas eudicotiledôneas; 3) o cotilédone das monocotiledôneas (escutelo) não tem função de armazenar os nutrientes do

endosperma, como ocorre nas eudicotiledôneas. Sua função é transferir nutrientes para o embrião em desenvolvimento. Ele funciona como uma ponte levando as reservas nutricionais para do endosperma para o embrião; 4) o endosperma das monocotiledôneas ocupa uma porção muito mais significativa dentro da semente em comparação com as eudicotiledôneas. Por exemplo, no trigo (*Triticum aestivum*), o endosperma ocupa 80% da sementes. Isto pode ser explicado pelo fato de que nas eudicotiledôneas, o embrião absorve as reservas do endosperma e estas se acumulam nos cotilédones, como na mamona (*Ricinus communis*) e feijão (*Phaseolus vulgaris*). Por conseqüência, a razão endosperma/embrião dentro das sementes de eudicotiledôneas é muito baixa.

O embrião maduro é constituído de um eixo que contém um ou dois cotilédones. Em alguns embriões, existe a presença do **epicótilo**, que é um eixo que está acima dos cotilédones. Este eixo vai se desenvolver e originar as plúmulas, que são as primeiras folhas com função fotossintética. (Lembre-se que os cotilédones são folhas modificadas). O eixo abaixo dos cotilédones é chamado eixo hipocótilo-radicular. Quando ocorre a formação da radícula, fazemos a distinção entre **hipocótilo** e radícula.

O embrião maduro, suas reservas nutricionais (endosperma) e seu revestimento (tegumento) constituem a semente. Pode existir em algumas espécies, uma cicatriz no exterior da semente. Esta cicatriz se chama **hilo** e é resultado da degeneração do funículo. Durante o seu desenvolvimento, as sementes vão se desidratando lentamente até atingir 5 a 10 % de água nos tecidos. Estas sementes são chamadas **ortodoxas**. Entretanto, algumas sementes retêm até 20% de água nos tecidos. Estas sementes que mantêm altos teores de água nos tecidos são chamadas **recalcitrantes**. Elas possuem diferenças significativas em relação à longevidade, sensibilidade à desidratação e metabolismo.

Nesta fase do ciclo de vida da planta, o embrião está maduro e a sementes está pronta para a dispersão. O próximo passo é a **germinação** da semente. Este processo será estudado em detalhes na **Fisiologia Vegetal**, mas algumas considerações serão feitas aqui. Todas as sementes precisam de água, oxigênio e uma temperatura adequada para germinar. Grande parte das espécies de plantas necessita de luz (fotoblásticas positivas) enquanto a germinação de algumas espécies é inibida pela luz (fotoblásticas negativas). Com a entrada de água para o interior da semente (embebição), os tecidos embrionários se tornam metabolicamente ativos e inicia-se a divisão celular (hiperplasia) e aumento do tamanho das

células (hipertrofia). Como resultado, a radícula aumenta de tamanho e rompe o tegumento da semente, exteriorizando-se. Em seguida, as outras partes do embrião saem do tegumento.

Quando os cotilédones estão acima do solo, a germinação é dita **epígea** e ocorre no feijão. Na ervilha (*Pisum sativum*), os cotilédones ficam enterrados no chão e a germinação é chamada de **hipógea**. O cotilédone da celoba (*Allium cepa*) pode ser fotossintetizante.

Ao final da germinação, a planta deixa o estágio de semente e passa a se chamar **plântula**. Até que suas raízes possam se estabelecer no solo e suas jovens folhas iniciem a fotossíntese, muitos fatores podem comprometer a sobrevivência da plântula. Este é um estágio muito vulnerável ao ataque de fungos, herbívoros e condições ambientais estressantes como a falta de água e altas temperaturas. Se a plântula obtiver sucesso no seu estabelecimento, suas raízes vão se fixar no solo e obter nutrientes e seu caule iniciará o crescimento originando folhas que vão prover a plântulas de alimento. A energia armazenada no(s) cotilédone(s) é utilizada neste crescimento e ele(s) murcha(m) até cair. Neste estágio (sem cotilédones), o vegetal é capaz de produzir o próprio alimento e passa a ser chamado de planta.

### **Células e tecidos vegetais**

Após a germinação, a semente passa a um novo estágio e vida. Agora, ela é denominada **plântula**. A germinação se inicia com a absorção de água pelo embrião (embebição) e termina com a emissão da radícula. Já no embrião, se inicia o processo de diferenciação dos tecidos. Tecidos são grupos de células que possuem forma e função semelhante. Os tecidos vegetais se originam dos **meristemas**. Meristema pode ser definido como um tecido indiferenciado que origina novas células. Isto significa que uma célula meristemática pode originar qualquer tipo de célula especializada do corpo do vegetal. As células meristemáticas possuem parede celular delgada, citoplasma abundante, núcleo grande, vacúolos ausentes ou, se presentes, pequenos. No início do desenvolvimento vegetal podem ser observados o meristema apical radicular (na raiz) e meristema apical caulinar (no caule).

Os tecidos vegetais se agrupam para formar três **sistemas de tecidos**.

- sistema de revestimento (proteção)

- sistema vascular (condução de seiva)
- sistema fundamental (preenchimento, sustentação, fotossíntese, etc.)

Os meristemas apical e radicular se diferenciam dando origem aos meristemas primários: **protoderme**, **meristema fundamental** e **procâmbio**. A protoderme se diferencia originando a epiderme. O xilema e floema se originam a partir do procâmbio e o meristema fundamental dá origem ao parênquima, esclerênquima e colênquima.

Os tecidos vegetais podem ser classificados como simples (contém células de apenas um tipo de tecido) ou complexos (contém células de mais de um tipo de tecido). São exemplos de tecidos simples: parênquima, esclerênquima, colênquima e epiderme. Xilema e floema são exemplos de tecidos complexos.

Todos estes tecidos são resultantes da atividade dos meristemas primários. O crescimento secundário é resultado do desenvolvimento dos meristemas secundários: o **câmbio vascular** e o **câmbio da casca** (felogênio). O câmbio vascular origina o xilema secundário e o floema secundário ao passo que o câmbio da casca origina a **periderme**, que é composta pelo **felema** (súber), **felogênio** e **feloderme**. A periderme substitui a epiderme à medida que o órgão cresce em diâmetro.

O crescimento secundário faz com que a planta cresça em espessura, ao contrário do crescimento primário que é o crescimento no sentido longitudinal. É importante salientar que o crescimento secundário ocorre somente em eudicotiledôneas lenhosas e gimnospermas. Nas monocotiledôneas e eudicotiledôneas herbáceas, este tipo de crescimento está ausente, embora alguns autores mencionem sua presença em algumas espécies de monocotiledôneas.

## **Parênquima**

O parênquima é o tecido vegetal mais abundante e está presente em todos os órgãos da planta. É o único tipo de tecido das plantas primitivas e de algas atuais. Nas raízes, o parênquima é representado pelo córtex, no caule pelo córtex e medula e nas folhas pelo mesófilo. Ele possui diversas funções como: preenchimento, secreção, reserva, fotossíntese, transferência de seiva, etc...

As células parenquimáticas geralmente são isodiamétricas e apresentam parede celular delgada que se espessa com o desenvolvimento. Geralmente, as células parenquimáticas não possuem parede secundária. Os vacúolos são grandes, especialmente nas células secretoras. Muitas vezes, ocorre a presença de espaços intercelulares bem desenvolvidos no parênquima. Podem acumular cristais.

Elas possuem totipotência, isto é, a capacidade de se desdiferenciar e diferenciarem posteriormente em células diferenciadas. Sendo assim, após qualquer tipo de injúria que a planta sofre, é formado um tecido parenquimático que regenera a lesão. Este tecido é chamado de **tecido de cicatrização**.

Algumas células parenquimáticas, como mencionado, possuem substâncias que são secretadas pelo tecido. Todas as células que possuem capacidade secretora pertencem ao **tecido secretor** e serão estudadas mais adiante.

Existem 3 tipos de parênquima:

- a) **Parênquima de preenchimento** – células poliédricas, esféricas ou cilíndricas. Está distribuído em todo o corpo da planta.
- b) **Parênquima clorofiliano** (clorênquima) – fotossintetizante e ocorre apenas nos órgãos fotossintetizantes. Podem ser distintos 5 tipos de clorênquima:
  - Paliçádico – As células são mais altas do que largas e possuem grande quantidade de cloroplastos. Existe pouco espaço intercelular.
  - Esponjoso (lacunoso) – As células possuem forma irregular e existe muito espaço intercelular.
  - Regular – Células arredondadas e com aspecto homogêneo.
  - Plicado – As células possuem reentrâncias que aumentam a área celular. É encontrado em espécies como pinheiros (*Pinus*) ou bambu (*Bambusa*).
  - Braciforme – As células apresentam projeções laterais que delimitam lacunas. Ocorre em algumas bromélias e algumas plantas aquáticas.
- c) **Parênquima de reserva** – a principal função deste tecido é o armazenamento de substâncias. Existem 3 tipos:
  - Amilífero – reserva amido como nos caules da batata (*Solanum tuberosum*) ou na raiz da batata-doce e da mandioca (*Manihot*).

- Aerífero (aerênquima) – possui grande espaço intercelular, onde o ar é armazenado. Muito comum em plantas aquáticas como o aguapé (*Eicchornia*) e plantas que vivem em regiões alagadas como *Lavoisiera francavillana*.
- Aqüífero – ao contrário do aerênquima, a água não é armazenada nos espaços intercelulares, mas sim nos vacúolos. É freqüente em plantas de deserto como os cactos e plantas de mangue.

### **Colênquima**

Este tecido está presente apenas em tecidos jovens e em desenvolvimento. Suas células não apresentam parede secundária nem lignificação. A principal característica das células colenquimáticas é o espessamento irregular das paredes primárias. O colênquima também possui a capacidade de formar um tecido de cicatrização.

A função do colênquima é dar flexibilidade aos órgãos em que ele está presente. As paredes celulares das células de colênquima são ricas em pectina, o que confere a flexibilidade. Ele ocorre em regiões marginais, ou seja, sempre na periferia do órgão.

Existem 4 tipos de colênquima:

- a) Angular – o espessamento é maior nos ângulos das células, ou seja, onde há contato entre 3 ou mais células
- b) Lacunar – ocorre espessamento na região dos espaços intercelulares
- c) Anelar – o espessamento é mais uniforme.
- d) Lamelar – espessamento nas paredes tangenciais.

### **Esclerênquima**

A função deste tecido é dar sustentação a órgãos adultos. Suas células, na maturidade, geralmente apresentam parede secundária e os protoplastos podem estar ausentes. Sua parede secundária pode possuir até 35% de lignina.

O esclerênquima possui dois tipos celulares distintos: as esclereídes (ou escleritos) e as fibras. As esclereídes são células pequenas que se apresentam imersas no parênquima.

Eles vão conferir rigidez a este tecido. É devido à presença das esclereídes que a casca das nozes, o tegumento de algumas sementes e os caroços de algumas frutas são rígidos. São reconhecidos vários tipos de fibras de acordo com sua forma. São eles: **fibroesclereídes** (em forma de fibra), **colunares** (em forma de coluna), **osteoesclereídes** (forma de osso), **astroesclereídes** (em forma de estrela), **tricoesclereídes** (forma de pêlos), **macroesclereídes** (formam camadas no tegumento de sementes) e **braquiesclereídes** (isodiamétricos).

Por outro lado, as fibras são células alongadas que alcançam um grande tamanho e acompanhando o crescimento de um órgão, apresentam-se em forma de feixe. Por exemplo, as fibras xilemáticas, são células de esclerênquima que acompanham o xilema, dando sustentação aos elementos traqueais. Existem 2 tipos: as **fibras libriformes** (espessamento grande e pontoações simples) e **fibrotraqueídes** (espessamento menor e pontoações areoladas).

## **Xilema**

É o tecido responsável pela condução da seiva bruta, isto é, água e sais minerais. As células da raiz absorvem os nutrientes e a água do solo e o xilema distribui a seiva bruta para todos os órgãos. O xilema é um tecido composto, já que além das células de xilema (elementos traqueais), possui ainda células do parênquima (que armazenam reservas) e células de esclerênquima (fibras que provém sustentação).

Os elementos traqueais são: **elementos de vaso** e **traqueídes**. Ambos são células alongadas que possuem parede secundária. Os traqueídes são o único tipo celular encontrado no xilema de plantas vasculares sem sementes (pteridófitas) e nas gimnospermas. Além dos traqueídes, as angiospermas também possuem os elementos de vaso. As duas células possuem pontoações, que são regiões onde não ocorre a formação da parede secundária. As pontoações facilitam o transporte de substâncias entre os elementos traqueais e as demais células, como por exemplo, as células de transferência. Os elementos de vaso possuem uma outra estrutura mais eficiente para o transporte de seiva – as perfurações. Elas são grandes cavidades que existem na superfície inferior e superior dos elementos de vaso. Os elementos de vaso apresentam-se empilhados uns sobre os outros e

assim, a perfuração funciona como uma conexão entre elementos de vaso, formando um largo tubo oco que permite um transporte eficiente de seiva. Os elementos traqueais podem estar mortos na maturidade, o que auxilia na sua função. Inicialmente, eles são células normais, mas depois perdem seus protoplastos através de um mecanismo chamado **apoptose** (morte celular programada).

As paredes do protoxilema (o primeiro xilema a ser formado) podem ter 2 tipos de espessamento: anelar, helicoidal. Os espessamentos auxiliam a dar rigidez aos elementos traqueais. Já no metaxilema, os elementos traqueais têm suas paredes primárias cobertas pela parede secundária de 3 formas: escalariforme, reticulado ou pontoado.

#### *Xilema primário*

Suas células estão organizadas apenas no sistema axial e divide-se em **protoxilema** e **metaxilema**. As células do protoxilema se diferenciam precocemente e tem diâmetros menores que as células do metaxilema que se diferencia depois. O protoxilema ocorre em órgãos jovens que estão em desenvolvimento. Por outro lado, as células do metaxilema só completam sua maturação após o alongamento do órgão ter cessado.

#### *Xilema secundário*

Constitui, junto com o floema secundário, o crescimento radial (em espessura) do órgão, contribuindo para a formação da madeira. Nas angiospermas principalmente, as células xilemáticas podem conter cristais cuja composição pode ser de sílica ou oxalato de cálcio. Existem algumas estruturas que secretam mucilagem, óleos ou látex no xilema.

Algumas vezes ao se observar um tronco em corte longitudinal, é possível distinguir camadas concêntricas, chamadas **anéis de crescimento**. Estes anéis refletem a atividade do câmbio e em árvores temperadas, cada anel de crescimento representa um ano. Assim, pode-se estimar a idade de uma árvore contando o número de anéis. O **lenho inicial** (células mais largas e paredes delgadas) é produzido na primavera e o **lenho tardio** (células mais estreitas e paredes espessadas) é produzido no outono. Durante o inverno o crescimento pára. Em árvores tropicais, um anel não corresponde a um ano de crescimento.

As células funcionais do xilema secundário são chamadas de **alburno**, estão localizadas externamente no caule e apresentam aspecto mais claro. Contrariamente, as

células mais interiores, escuras e não são funcionais (não transportam seiva) formam o **cerne**.

A Tabela 1. compara o xilema secundário das Gimnospermas e Angiospermas

| <b>Característica</b>         | <b>Gimnospermas</b> | <b>Angiospermas</b> |
|-------------------------------|---------------------|---------------------|
| <b>Traqueídes</b>             | Presentes           | Raramente presentes |
| <b>Elementos de vaso</b>      | Ausentes            | Presentes           |
| <b>Fibras</b>                 | Ausentes            | Presentes           |
| <b>Arranjo das traqueídes</b> | Linear              | Variados            |
| <b>Raios</b>                  | Unisseriados        | Várias larguras     |
| <b>Parênquima axial</b>       | Ausente             | Presentes           |

Em plantas que estão fixas em superfícies irregulares, forma-se o **lenho de reação**. Nas gimnospermas, o lenho de reação desenvolve-se na parte inferior da região inclinada e recebe o nome de lenho de compressão. Nas eudicotiledôneas e magnoliídeas, desenvolve-se na parte superior e é denominado lenho de tensão.

## **Floema**

É o tecido responsável pela condução da seiva elaborada, isto é, água com carboidratos, vitaminas, hormônios, aminoácidos, etc... As células foliares realizam fotossíntese e produzem hormônios que o floema distribui para todos os órgãos. O floema também é um tecido composto, já que além dos elementos crivados, possui ainda células do parênquima (que armazenam reservas) e células de esclerênquima (fibras que provém sustentação).

Os elementos crivados são: **células crivadas** e **elementos de tubo crivado (ETC)**. Estas células se diferenciam pela ausência de **placa crivada** nas células crivadas e pela presença desta nos ETC. A placa crivada é uma região onde ocorre uma grande concentração de **áreas crivadas**. As células crivadas são o único tipo celular encontrado no floema de gimnospermas. As angiospermas possuem apenas os elementos de tubo crivado, uma célula mais especializada. As células crivadas estão associadas a **células albuminosas**, ao passo que os ETC se relacionam com as **células companheiras (CC)**. Acredita-se que

as células albuminosas tenham a função de nutrir as células crivadas e as células companheiras nutrir os elementos de tubo crivado. Os elementos traqueais geralmente não possuem protoplasto na maturidade enquanto os elementos crivados retêm parte do protoplasto. De fato, eles perdem algumas organelas, núcleo e parte do citoplasma, mas não o perdem por completo.

As áreas crivadas que estão na extremidade de um ETC podem unir duas células formando o **tubo crivado**, por onde circula a seiva. Próximo a formação dos poros das placas, ocorre a presença de **calose** (um polissacarídeo). Acredita-se que a calose seja produzida para bloquear o poro no caso de injúrias. Nos ETC de angiospermas, foi encontrada uma substância chamada **proteína P**. A proteína P está ausente nos outros grupos vegetais. Ela se acumula dentro dos proteoplastídeos e serve no fechamento dos poros da área crivada.

As CC se originam da mesma célula que origina o ETC e estão sempre associadas com os ETC. A grande quantidade de retículo endoplasmático e ribossomos nas CC, sugere alta atividade metabólica, fato pelo qual se atribui ela às CC a função de nutrir o ETC. Esta idéia é reforçada pelo fato de que uma grande quantidade de plasmodesmos existe conectando os dois tipos celulares.

#### *Floema primário*

Suas células estão organizadas apenas no sistema axial e divide-se em **protofloema** e **metafloema**. As células do protofloema se diferenciam precocemente e tem diâmetros pequenos com calose nos poros. CC podem estar ausentes. O protofloema ocorre em órgãos jovens que estão em desenvolvimento e alongam-se com o ritmo do crescimento do órgão. Por outro lado, os ETC do metafloema só completam sua maturação após o alongamento do órgão ter cessado. São mais largos e as CC estão quase sempre presentes.

#### *Floema secundário*

Constitui, junto com o xilema secundário, o crescimento radial (em espessura) do órgão. Pode ocorrer a presença de ductos secretores e laticíferos. O floema secundário das Gimnospermas é mais simples, pois algumas famílias não possuem as fibras e esclereídes.

## Epiderme

Tem a função de revestir os órgãos da planta, protegendo-o contra o ataque de inimigos naturais e perda excessiva de água. Suas células são achatadas e justapostas, com quase nenhum espaço intercelular. Quando apresenta apenas uma camada de células é chamada unisseriada e quando possui várias camadas, é denominada de multisseriada, como em *Clusia criuva*. Algumas vezes, pode-se encontrar uma camada de células abaixo da epiderme e erroneamente, pode-se classificá-la como epiderme multisseriada. Mas como esta camada (**hipoderme**) tem origem no meristema fundamental, ela não faz parte do sistema de revestimento.

A epiderme é coberta com uma camada chamada **cutícula** que é composta de cera e cutina e previne a perda de água. Além da cutina, pode-se encontrar uma camada lipídica denominada **cera epicuticular** que dá o aspecto brilhante de algumas frutas. A cera também pode proteger contra o ataque de fungos e bactérias, impedindo a adesão destes na epiderme foliar. Poluentes do ar e a chuva ácida podem comprometer a formação da cera, acarretando em prejuízos para a folha.

As células epidérmicas geralmente não são clorofiladas. Por outro lado, elas acumulam em seus vacúolos, antocianinas e outros metabólitos que dão a coloração característica das pétalas. Existem algumas células epidérmicas com função diferenciada.

Os **tricomas** são células ou conjunto de células que possuem diversas funções. Podem ser simples, ramificados, estrelados, etc... Os **tricomas glandulares** podem acumular substâncias secundárias que são liberadas em contato com fungos e/ou herbívoros. São formados pelo pedúnculo que sustenta a cabeça do tricoma. A cabeça armazena uma série de substâncias e se tocada por algum animal, se rompe liberando o seu conteúdo repelente. As plantas carnívoras grudam suas presas através de tricomas glandulares. Os **tricomas tectores** podem ainda servir para diminuir o deslocamento de insetos na superfície da folha. Uma outra importante função dos tricomas é diminuir a perda excessiva de água. Eles formam uma malha (indumento) que diminui a ação evaporativa do vento, além de refletir a luz solar diminuindo a temperatura da folha. Na zona pilífera da raiz, ocorrem células que produzem **pêlos radiculares**. Eles também

podem ser considerados tricomas e são as únicas células da raiz capazes de absorver a água e os minerais.

Na epiderme de folhas e mais raramente de caules, existem pequenas aberturas que servem para a troca de gases e água. Estas aberturas são denominadas **estômatos** e são compostas na maioria das vezes, por dois tipos celulares (as células-guarda e subsidiárias) e pelo poro (fenda estomática ou ostíolo). Os estômatos são resultado da divisão de células epidérmicas. O mecanismo que controla a abertura e fechamento do estômato será estudado na **Fisiologia Vegetal**. Os estômatos podem estar na superfície adaxial da folha (epiestomática), abaxial (hipoestomática) ou em ambas (anfiestomática).

De acordo com a disposição destas células, os estômatos podem ser classificados como anomocítico (sem subsidiárias e com células epidérmicas cercando irregularmente as células-guarda), anisocítico (três subsidiárias, uma pequena e duas grandes envolvendo as células-guarda), paracítico (subsidiárias e células-guarda no mesmo eixo), diacítico (subsidiárias e células-guarda formando um eixo de 90°) e tetracítico (4 células subsidiárias).

Além dos tricomas e pêlos, há outras células especializadas que merecem um breve destaque. As **células buliformes** ocorrem nas folhas de algumas gramíneas e são responsáveis pelo dobramento da folha. **Células silicosas** são freqüentes em monocotiledôneas e acumulam sílica nos vacúolos. **Papilas** são encontradas no estigma e servem para aderir o pólen.

### **Câmbio vascular**

O câmbio vascular é um meristema secundário responsável pelo crescimento axial e radial. Ele origina o floema secundário centripetamente e o xilema secundário centrifugamente. Quando o câmbio está entre o floema e xilema no feixe, recebe o nome de **câmbio fascicular** ao passo que quando está localizado entre os feixes, dá-se o nome de **feixe interfascicular**.

As células do câmbio vascular, contrariamente, às do meristema apical, têm grandes vacúolos. As células iniciais podem ser divididas em **radiais** e **fusiformes**. As radiais são isodiamétricas dão origem ao sistema radial. As fusiformes são alongadas e dão origem ao

sistema axial. As células do floema e xilema secundário se originam a partir de divisões periclinais das células iniciais do câmbio. Divisões anticlinais aumentam o câmbio em diâmetro.

A atividade cambial pode ser fortemente inibida por baixas temperaturas. Assim, plantas temperadas cessam o crescimento secundário no inverno. Já em plantas tropicais sujeitas à sazonalidade, o fator limitante para a atividade cambial é a disponibilidade hídrica.

Como o xilema secundário é produzido em maior quantidade, o caule cresce em diâmetro e as algumas células do floema morrem devido à compressão. Este floema passa a ser não funcional.

### **Periderme**

A periderme é um tecido de revestimento que se origina de um meristema secundário – o **felogênio (ou câmbio da casca)**. À medida que o caule aumenta em espessura, devido à ação do câmbio vascular, a epiderme se rompe e é prontamente substituída pela periderme. Como a periderme é um tecido secundário, é obvio que ela só estará presente em Gimnospermas e Eudicotiledôneas lenhosas, podendo ser encontrado mais raramente em Eudicotiledôneas herbáceas e algumas Monocotiledôneas. A periderme é produzida freqüentemente após o primeiro ano de crescimento e durante o tempo de vida da planta, mais de uma periderme pode ser produzida. Células parenquimáticas corticais se tornam meristemáticas originando um novo felogênio que produzirá uma nova periderme.

Estruturalmente, a periderme se divide em felema, felogênio e feloderme. O felogênio é o tecido meristemático que dá origem ao felema (centrifugamente) e feloderme (centripetamente). Existe apenas um tipo de célula no felogênio que é meristemática que pode se manter ativa uma ou mais vezes na vida da planta.

O felema, também conhecido como **súber**, é composto de células de formato irregular. As células são mortas na maturidade devido à impregnação com suberina. Devido a isso, é altamente impermeável, evitando a perda excessiva de água. Existe pouco ou nenhum espaço intercelular. Pode ocorrer acúmulo de fenólicos.

Já a feloderme, ao contrario do felema, é composto de células parenquimáticas vivas. Raramente ocorre mais do que 4 camadas de feloderme.

Em alguns caules que apresentam crescimento secundário existem estruturas chamadas **lenticelas**. Elas são uma região onde há grande quantidade de espaço intercelular e se formam, comumente abaixo de estômatos. Se observadas macroscopicamente, aparecem como pequenas cicatrizes na região exterior do caule. Há um consenso de que as lenticelas auxiliam nas trocas gasosas, uma função que a periderme não poderia realizar pelo acúmulo de suberina. Lenticelas são produzidas no caule de algumas espécies se o solo é repentinamente alagado.

A casca de uma árvore é definida como todos os tecidos externos ao câmbio vascular. A casca externa compreende os tecidos mortos (periderme, córtex e floema secundário) e a casca interna compreende os mesmos tecidos num estágio de desenvolvimento anterior, no qual ainda estão vivos.

A periderme exerce outras funções além do revestimento. Protege a planta contra a ação do fogo, resultante de sua grande espessura. Pode também diminuir a perda de água, já que o súber é altamente impermeável. A cor da casca ajuda na termo-regulação. É na periderme que se instalam diversos organismos como líquens, briófitas, orquídeas e bromélias. As características (pH, umidade, compostos secundários) da periderme determinam qual tipo de organismo pode colonizá-la.

### **Tecido secretor**

Algumas células parenquimáticas estão envolvidas com a secreção de determinadas substâncias. Estas células especializadas (**idioblastos**) que realizam a síntese, estocagem e liberação destes compostos são classificadas dentro do tecido secretor.

Se o exsudato (material secretado) tiver composição protéica, a célula apresenta RER mais desenvolvido, ao passo que se o exsudato for lipídico, o REL apresenta-se mais desenvolvido. Antes de ser liberado para fora do protoplasto, o exsudato fica armazenado dentro do vacúolo. Quando a célula morre durante a secreção, dá-se o nome de secreção **holócrina**, ao passo que se ela se mantém viva, a secreção é denominada **merócrina**. A

secreção pode então ser liberada dentro do corpo do vegetal (**endotrópica**) ou para fora do corpo da planta (**exotrópica**). Finalmente, estas glândulas podem ser uni ou multicelulares.

De acordo com o tipo de exsudato, a posição da glândula e a estrutura desta, as glândulas vegetais podem ser classificadas como:

- Hidatódios: são glândulas que secretam água ou íons inorgânicos pelo processo de gutação.
- Nectários: são glândulas que produzem néctar. Quando este néctar é utilizado para atrair polinizadores, o nectário é chamado de nectário floral. Mas existem nectários que produzem néctar para atrair formigas. Estas formigas não são agentes polinizadores, mas atuam defendendo a planta contra seus inimigos naturais. Neste caso, o nectário é chamado de extrafloral.
- Glândulas de sal: são glândulas capazes de secretar o excesso de sal a que estão submetidas as plantas do mangue.
- Glândulas de mucilagem: secretam mucilagem.
- Glândulas digestivas: produzidas por plantas carnívoras, secretam enzimas que digerem suas presas.
- Laticíferos: secretam o látex que atua no bloqueio de ferimentos e na defesa contra herbívoros.
- Ductos resiníferos: encontrados principalmente nas gimnospermas, secretam resina que tem as mesmas funções do látex.
- Tricomas glandulares: como mencionado anteriormente, os tricomas são células ou conjunto de células capazes de secretar uma grande variedade de compostos defensivos.

### **Anatomia da raiz**

A raiz é um órgão da planta que desempenha as seguintes funções: absorção, transporte, armazenamento, fixação além da produção de alguns hormônios (citocininas e giberelinas) e aleloquímicos. Dependendo do tipo de raiz, podem ser atribuídas outras funções a ela, como reprodução, respiração, fotossíntese, etc... A vasta maioria das raízes é subterrânea e a planta mantém um balanço entre a parte aérea e a parte radicular. Nas

plantas do cerrado, é muito comum a parte radicular ser muito mais desenvolvida do que a parte aérea. A explicação para isso reside no fato de que o solo do cerrado possui água no lençol freático e o desenvolvimento de **raízes pivotantes (alorrizia)** é considerado uma adaptação para a absorção de água. Isto ocorre apenas nas eudicotiledôneas porque as monocotiledôneas produzem apenas **raízes fasciculadas (homorrizia)** (a raiz principal se degenera). As pteridófitas também têm apresentam homorrizia.

A raiz tem sua origem na radícula, uma estrutura presente já no embrião. Inicialmente ela é composta de tecido meristemático que vai se diferenciando à medida que a raiz se desenvolve. Apenas as raízes finas são absorventes. Elas têm um curto período de vida e são constantemente produzidas pela planta. As raízes finas produzem os pêlos radiculares que absorvem água e sais minerais. Em raízes ectomicorrízicas, os pêlos não são produzidos.

A extremidade de raiz é revestida por uma estrutura chamada **coifa**. Ela é responsável pela produção de mucilagem (carboidrato viscoso) que diminui o atrito da raiz com as partículas do solo. Além disso, a coifa fornece proteção mecânica por ser bastante resistente. Ao mesmo tempo, a columela da coifa também é responsável pelo **gravitropismo** (geotropismo) que orienta o crescimento da raiz em direção ao solo.

O crescimento radicular é subterminal. A região onde o ocorre o crescimento (hiperplasia e hipertrofia) é logo abaixo da coifa e recebe o nome de região de crescimento. O ápice da raiz pode ser **fechado**, quando coifa, procâmbio e córtex se originam de células iniciais diferentes, ou **aberto**, quando coifa, procâmbio e córtex se originam do mesmo grupo de células iniciais.

Em um corte transversal da raiz, pode-se observar a epiderme, o córtex e o cilindro vascular. A raiz carece de nós e entre-nós; logo, as folhas estão ausentes. A epiderme geralmente é composta de pêlos radiculares, responsáveis pela absorção, e freqüentemente constitui-se de apenas uma fileira de células. (Nas orquídeas e aráceas epífitas, a epiderme multisseriada é chamada de velame e ajuda na absorção da água atmosférica). Os pêlos radiculares podem atingir até 10 mm de comprimento. Logo abaixo da epiderme, existe uma camada de células chamada de **exoderme**. A exoderme tem origem em células corticais e não está presente em todas as angiospermas. As células de exoderme são revestidas pelas **estrias de Caspary**. A estria de Caspary é resultante da deposição de

lignina e suberina externamente à parede celular. Por limitar o transporte apoplástico, acredita-se que a função desta camada é diminuir a invasão das raízes por microorganismos, como vírus, bactérias e fungos.

Seguindo para o centro da raiz, existe o **córtex**. Ele certamente ocupa a maior parte da área da raiz e é composto pelos tecidos fundamentais, parênquima, colênquima e esclerênquima. Revestindo o cilindro vascular, existe uma outra camada semelhante à exoderme que é denominada **endoderme**. Interiormente, existe o **periciclo** (que tem origem no procâmbio) e por fim, o cilindro vascular composto de xilema e floema se alternando em pólos. O periciclo é uma (ou mais raramente duas) camada de células que origina as raízes laterais ou adventícias. Nas plantas que possuem crescimento secundário, o periciclo também contribui para formar o câmbio vascular e pode formar o felogênio. O xilema e floema se alteram formando pólos.

Nas raízes adventícias e de monocotiledôneas, pode existir medula e são **sifonostélicas**. Já nas eudicotiledôneas e gimnospermas, as raízes são **protostélicas**, pois o cilindro vascular é sólido.

Durante o crescimento secundário da raiz, o câmbio vascular e o câmbio da casca são produzidos e iniciam a produção dos tecidos secundários. O câmbio vascular se origina em parte do periciclo e do procâmbio indiferenciado. Resultado do desenvolvimento do câmbio vascular de origem procambial, o xilema secundário e floema secundário são produzidos. O xilema secundário passa a tomar a maior parte do corpo da raiz e envolve o xilema primário. O floema primário pode degenerar-se devido à esta expansão do xilema secundário, podendo restar apenas algumas fibras floemáticas. Internamente a estes resquícios de floema primário, observa-se o floema secundário. O câmbio vascular de origem pericíclica origina o parênquima radial.

Com o aumento em espessura da raiz, a epiderme se rompe e é imediatamente substituída pela periderme. Do mesmo modo, o córtex junto com a endoderme pode se destacar do corpo da raiz e ambos tecidos podem estar ausentes em uma raiz com o crescimento secundário completo.

As raízes que acumulam reservas podem ter parênquima imerso nos tecidos vasculares (cenoura), várias camadas de câmbios (beterraba) ou câmbios dispersos pela raiz (batata-doce). Estas raízes geralmente apresentam crescimento secundário, o que resulta no

aumento do espessamento do órgão. Algumas raízes produzem gemas que podem funcionar na reprodução – são chamadas **raízes gemíferas**.

### **Anatomia do caule**

O caule é um órgão da planta que desempenha diversas funções como sustentação, transporte, armazenamento e produção de folhas e estruturas reprodutivas. Origina-se a partir do epicótilo do embrião e ao contrário da raiz, o caule é dotado de **nós** e **entre-nós**. Os nós são as regiões de onde se originam as folhas e os entre-nós são delimitados por dois nós. Em cada nó, origina-se uma folha e na sua axila uma gema lateral ou axilar. A gema lateral permanece dormente até que um estímulo quebre a dormência e a gema se desenvolve produzindo um ramo lateral.

As plantas, ao contrário dos animais, têm um tipo de crescimento chamado modular. O crescimento modular ocorre devido à presença dos **módulos** ou **fitômeros**. Cada fitômero, composto de um nó, um entre-nó, uma gema e uma folha, pode ser destruído sem que a planta morra. Nos animais, que possuem crescimento unitário, se uma parte do corpo é destruída, dificilmente pode ser regenerada. Os fitômeros possuem meristemas e por isso, uma planta cresce em várias direções e cresce indefinidamente.

Em um corte transversal do caule, pode-se observar a epiderme, o córtex, o cilindro vascular e a medula. A epiderme, via de regra é unisseriada apresentando cutícula e pode apresentar alguns estômatos. A córtex é a região de sistema fundamental que está abaixo da epiderme e externa ao cilindro vascular. No córtex podem estar presentes laticíferos, ductos de mucilagem ou de resina.

Envolvendo o cilindro vascular, pode existir o periciclo que origina raízes adventícias no caule. Os feixes vasculares podem ser **colaterais** (xilema pra dentro e floema pra fora) ou **bicolaterais** (duas camadas de floema envolvendo o xilema). Este último caso é comum em Cucurbitaceae. Há também os feixes **anfivasais** nos quais o xilema envolve o floema e os **biconcêntricos**, nos quais o xilema forma dois anéis concêntricos separados por um anel de floema. Estes feixes podem apresentar diversas disposições. Podem estar dispersos no caule de forma aleatória sem medula, condição comum em monocotiledôneas e eudicotiledôneas herbáceas. Mas eles podem também

formar um cilindro sólido revestindo a medula. Isto é bem freqüente no caule de eudicotiledôneas, gimnospermas e magnoliídeas. O cilindro pode apresentar região interfascicular ampla ou estreita. As regiões que delimitam os feixes são chamadas de **raios medulares**.

Interiormente ao cilindro vascular, na medula, existe sistema fundamental também, mas não ocorre colênquima nesta região. Os caules que possuem medula são chamados de **eustélicos**. Os caules de monocotiledôneas são ditos **atactostélicos**.

Nos caules que não apresentam crescimento secundário, todas as células do procâmbio maturam e nenhuma célula meristemática resta para formar o câmbio vascular. Este tipo de câmbio é dito **fechado** e contrasta com o **aberto** no qual o procâmbio pode originar câmbio vascular.

Nas regiões do caule onde as folhas serão produzidas, os feixes do cilindro central se divergem e vão em direção à região onde a folha será produzida. As extensões do sistema vascular em direção às folhas são denominadas **traço foliar** e os espaços acima do traço foliar são chamadas de **lacunas do traço foliar**. A região onde o feixe vascular sai do cilindro central e se direciona à gema axilar é chamada de **traço do ramo**.

### Anatomia da folha

A folha é um órgão, geralmente laminar, cuja principal função é a fotossíntese, embora possa apresentar outras funções, como a transpiração, o armazenamento de água, proteção e atração de polinizadores. A parte superior da folha é chamada de **adaxial** ou **ventral**. A parte inferior da folha é chamada de **abaxial** ou **dorsal**. As duas faces da folha são cobertas pela epiderme, cujas células são achatadas e compactas, existindo pouco espaço intercelular. A epiderme foliar, de modo geral é unisseriada e é recoberta pela cutícula. Células epidérmicas podem sofrer lignificação em alguns casos.

Com relação ao pecíolo, quatro tipos de feixes vasculares podem ser distinguidos: **contínuo**, em forma de **ferradura**, em forma de **meia-lua** ou **fragmentado**.

Os estômatos do limbo podem ocorrer em ambas as epidermes, sendo que as variações são peculiares de cada espécie. Nas plantas aquáticas (**hidrófitas**), as folhas ficam sobre a lâmina d'água e, obviamente os estômatos estão localizados apenas na

superfície adaxial (epiestomáticas). Nas folhas que ficam totalmente submersas os estômatos podem não ocorrer. Nas **xerófitas** (plantas adaptadas a ambientes secos), os estômatos estão localizados em depressões na superfície da epiderme. Estas depressões são cobertas de tricomas e são denominadas **câmara ou cripta subestomática**. Elas têm a função de diminuir a perda excessiva de água diminuindo o contato da superfície do estômato com o vento. Mas a maioria das folhas possui estômatos nas duas epidermes (anfiestomáticas).

Entre as duas epidermes, existe o **mesofilo** (meso = meio; phyllos = folha) que contém o sistema fundamental. O principal papel do mesofilo é realizar a fotossíntese. No mesofilo, estão distribuídos o parênquima lacunoso e paliçádico, o esclerênquima, o colênquima (marginalmente) e os feixes vasculares. Quando o paliçádico está próximo da epiderme adaxial e o lacunoso próximo da epiderme abaxial, a folha é dita **dorsiventral**. Em algumas espécies, há duas camadas de paliçádico (uma próxima da epiderme abaxial e a outra da epiderme adaxial) e uma camada de lacunoso entre as duas. Neste caso, a folha é chamada de **isobilateral**, como é o caso de *Lavoisiera glandulifera*. No lacunoso, existe uma grande quantidade de espaço intercelular, o que acredita-se que seja uma especialização da folha para maximizar as trocas gasosas, fundamentais para a fotossíntese. As nervuras são os locais por onde passam os feixes e as de maior porte vão se ramificando originando nervuras mais finas, de menor porte.

As folhas apresentam uma enorme diversidade de estruturas. As folhas de hidrófitas têm pouco tecido de sustentação e pouco xilema. Por outro lado, as folhas xerófitas, possuem grande quantidade de esclerênquima, cutícula grossa, células com paredes espessadas e lignificadas. Folhas do sol são mais espessas que as de sombra. Possuem mais parênquima paliçádico, maior espessamento das células epidérmicas e maior desenvolvimento do tecido vascular.

### **Anatomia da flor**

A flor é o órgão responsável pela reprodução da planta. Ela se origina a partir de uma gema florífera que pode estar na axila da folha ou no ápice caulinar. Ela se constitui de folhas modificadas chamadas **antófilos**. Os antófilos se diferenciam dando origem aos

quatro verticilos florais: cálice, corola, androceu e gineceu. O perianto se diferencia precocemente, originando as sépalas e pétalas. Estas são recobertas por epiderme e são altamente vascularizadas por vasos de pequeno porte. As pétalas são nutridas a partir de um único feixe vascular, assim como os estames. Isso reforça a hipótese de que elas se originaram de estamos que se tornaram estéreis. Os vacúolos das células das pétalas são preenchidos com metabólitos secundários que conferem a cor característica.

Os estames se iniciam como pequenas protuberâncias (**primórdios estaminais**) recobertos por epiderme e recebendo apenas um feixe vascular. Na extremidade do primórdio estaminal, inicia-se a formação de pequenas saliências. Estas saliências são divididas por uma camada de células altamente vacuolizadas e cada metade origina uma teca. Dentro de cada teca, ocorre a produção de um **tecido esporogênico**. Envolvendo este tecido existe um tecido chamado **tapete**. Duas porções do tapete podem ser reconhecidas: o tapete parietal (pertencente à planta-mãe) e o tapete interno. O tapete tem a função de nutrir o tecido esporogênico e produzir a **esporopolenina**. Além disso, a auto-incompatibilidade esporofítica ocorre devido à presença de genes incompatíveis no tapete (que é liberado junto ao grão de pólen) e no estigma da flor receptora.

Após ocorrer a microesporogênese e microgametogênese, o grão de pólen está pronto para ser liberado. Ele é revestido por um tecido chamado **esporoderme**, rico em esporopolenina. A esporopolenina foi uma importante molécula na conquista do ambiente terrestre pelas plantas. Ela impede a dessecação do gametófito. A porção interna da esporoderme é chamada de **intina** e a externa de **exina**.

### **Esporogênese e gametogênese**

As plantas (embriófitas) denominadas popularmente de briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas possuem um ciclo de vida com alternância de gerações. Isso quer dizer que durante a vida de uma planta, ela possui duas gerações – o **esporófito** e o **gametófito**. O primeiro é a geração diplóide ( $2n$ ) e forma esporos enquanto o último é haplóide ( $n$ ) e dá origem aos gametas. A **esporogênese** (sporo = esporo, gênese = geração) é o processo pelo qual as plantas produzem esporos e a **gametogênese** é o processo pelo qual as plantas produzem gametas. Nas briófitas, a geração predominante é o gametófito,

sendo o esporófito reduzido. Durante a evolução dos vegetais, houve uma tendência de redução do gametófito e dominância do esporófito. Tanto é, que nas plantas mais derivadas – as angiospermas – o gametófito é considerado por alguns autores como um parasita do esporófito, tal é o grau de redução que ele atingiu. Iremos estudar a alternância de gerações principalmente das angiospermas.

### **Microesporogênese e microgametogênese**

Estes processos são referentes à formação de esporos e gametas masculinos, respectivamente. A microesporogênese é o processo que leva à formação do tubo polínico e a microgametogênese leva à formação dos núcleos espermáticos (microgametas). No final destes processos será formado o **microgametófito** – o grão de pólen.

Nas anteras, existem quatro regiões diferenciadas contendo células esporógenas. Estas regiões são os microsporângios e nas angiospermas são denominadas **sacos polínicos**. Os sacos polínicos contêm um tipo especial de célula – a **célula-mãe do micrósporo** ou **microsporócito**. O microsporócito divide-se, através de uma meiose, em 4 células – os **micrósporos**, que são haplóides. Após uma divisão mitótica do micrósporo, ocorre a formação de dois núcleos e o microsporócito passa a ser chamado de **grão de pólen** (microgametófito). O grão de pólen possui dois núcleos, sendo o maior denominado de **macronúcleo** e exerce função vegetativa, pois realiza as funções metabólicas para a manutenção da célula. Já o menor núcleo é denominado de **micronúcleo** e tem função reprodutora, já que vai se dividir e dar origem aos dois **núcleos espermáticos**. Os núcleos espermáticos são os gametas masculinos.

### **Megaesporogênese e megagametogênese**

Estes processos são referentes à formação de esporos e gametas femininos, respectivamente. Também são chamados de macroesporogênese e megagametogênese (macro = grande). No final destes processos será formado o **megagametófito** – o saco embrionário.

Dentro do ovário é que vai ocorrer a formação do gameta feminino (oosfera). O óvulo é formado pela nucela (**megasporângio**), pelos integumentos e pelo saco embrionário. Os integumentos serão responsáveis por nutrir a nucela e revestir a semente quando ela for formada. Há uma fenda chamada **micrópila** pela qual o tubo polínico penetra antes da fecundação. Ela é uma abertura na nucela e nos integumentos e permite o contato direto com o saco embrionário. A base dos óvulos é chamada **calaza** e é nesta região que chegam os feixes terminais oriundos da **placenta**. O óvulo se conecta com a placenta através do **funículo**.

O saco embrionário (megagametófito) merece atenção especial. A célula-mãe do megásporo ou **megasporócito** sofre uma meiose dando origem a 4 **megásporos**. Diferentemente da microesporogênese, 3 dos megásporos vão se degenerar e apenas um sobrevive. Apenas o megásporo que contém a maior parte do citoplasma sobrevive; os outros morrem por falta de nutrientes. Após a degeneração dos outros megásporos, o núcleo do megásporo sobrevivente vai sofrer 3 mitoses consecutivas na maioria das plantas. Então, o megásporo passa a possuir 8 núcleos ( $2 \times 2 \times 2$ ). Três destes núcleos vão se posicionar na posição oposta à micrópila. Estes núcleos são chamados de **antípodas**. Três núcleos se posicionam próximos da micrópila. O núcleo central é a **oosfera** (megagameta) e os dois núcleos que estão ao lado da oosfera são as **sinérgides**. Os dois núcleos restantes permanecem no centro do saco embrionário e são chamados de **núcleos polares** ou **mesocisto** (quando fundidos).

### **Fertilização ou fecundação**

É o processo que ocorre somente após a polinização e diz respeito à união dos gametas. Lembre-se que nem sempre que ocorrer polinização, a fecundação ocorrerá. Após o estigma ter recebido o pólen, nas condições ideais ele germina e forma o tubo polínico. O tubo polínico vai crescendo e passa pelo estilete até atingir o ovário. Ele vai levando consigo os dois núcleos espermáticos. Os núcleos espermáticos penetram no óvulo através da micrópila e um deles vai se fundir com a oosfera. A oosfera e o núcleo espermático são haplóides (n), e sua fusão origina uma célula diplóide (2n) – o zigoto. O desenvolvimento

do zigoto culmina na formação do embrião, que nada mais é do que o esporófito jovem. O outro núcleo espermático se funde com os núcleos polares. Cada núcleo polar é haplóide e sua fusão com o núcleo espermático origina um tecido triploide (3n). Este tecido é chamado de endosperma e serve de nutrição para o embrião. Devido à ocorrência de duas fecundações, este processo é denominado **dupla-fecundação**.

Após a fecundação vai ocorrer a formação da semente, que é constituída pelo embrião (formado pela união do núcleo espermático e oosfera), endosperma (formado pela união do núcleo espermático e núcleos polares) e tegumento (desenvolvimento dos integumentos). O tegumento é a casca ou revestimento da semente, que a protege contra a dessecação, predadores e parasitas. Fica fácil perceber que o óvulo origina sementes, mas de onde vêm os frutos? Se recordarmos que o óvulo está imerso dentro do ovário, poderemos perceber que é o desenvolvimento do ovário que vai gerar o fruto. Por isso, todas as sementes estão envolvidas por frutos.

### **Referências bibliográficas**

Raven, P.H., Evert, R.F., Eicchorn, S.E. **Biologia Vegetal**. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 928p.

Vidal, M.R.R. & Vidal, W.N. **Botânica- Organografia**. 4.ed. Viçosa: UFV, 2000. 144p.

Appezato-da-Gloria, B. & Carmelo-Guerreiro, S.M. (eds). 2003. **Anatomia vegetal**. UFV, Viçosa. 438p.

Larcher, W. 2000. **Ecofisiologia vegetal**. RIMA, São Carlos. 531p.

Mendonça, M.P. & Lins, L.V. (org.). 2000. **Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais**. Fundação Biodiversitas, Fundação Zoo-Botânica de Belo Horizonte, Belo Horizonte