

# Anatomia Vegetal





UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE SANTA CATARINA

**BIOLOGIA**  
licenciatura a distância

# Anatomia Vegetal

*Ana Claudia Rodrigues*

*Érika Amano*

*Sérgio Luiz De Almeida*



Ministério da  
Educação

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PÁTRIA EDUCADORA

Florianópolis, 2015.

## Governo Federal

**Presidente da República** Dilma Vana Rousseff  
**Ministro de Educação** Renato Janine Ribeiro  
**Diretor de educação a Distância/CAPES** Jean Marc Georges Mutzig

## Universidade Federal de Santa Catarina

**Reitora** Roselane Neckel  
**Vice-Reitora** Lúcia Helena Martins Pacheco  
**Núcleo UAB/UFSC** Sônia Maria Silva Corrêa de Souza Cruz  
**Pró-Reitoria de Graduação** Julian Borba  
**Pró-Reitoria de Pós-Graduação** Joana Maria Pedro  
**Pró-Reitoria de Pesquisa** Jamil Assereuy Filho  
**Pró-Reitoria de Extensão** Edison da Rosa  
**Pró-Reitoria de Planejamento e Orçamento** Antônio Cezar Bornia  
**Pró-Reitoria de Administração** Antônio Carlos Montezuma Brito  
**Pró-Reitoria de Assuntos Estudantis** Denise Cord  
**Secretaria de Aperfeiçoamento Institucional** Marcelo Minghelli  
**Secretaria de Cultura** Zilma Gesser Nunes  
**Secretaria Especial de Gestão de Pessoas** Elci Terezinha de Souza Junckes  
**Centro de Ciências da Educação** Nestor Manoel Habkost  
**Centro de Ciências Biológicas** Sonia Gonçalves Carobrez

## Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas na Modalidade a Distância

**Diretora Unidade de Ensino** Sonia Gonçalves Carobrez  
**Coordenadora de Curso** Viviane Mara Woehl  
**Coordenadora de Tutoria** Leila da Graça Amaral  
**Coordenação Pedagógica** LANTEC/CED

**Coordenação de Ambiente Virtual** Michel Kramer Borges de Macedo

**Comissão Editorial** Viviane Mara Woehl, Alexandre Verzani Nogueira, Milton Muniz

## Projeto Gráfico Material Impresso e on-line

**Coordenação** Prof. Haenz Gutierrez Quintana

**Equipe** Henrique Eduardo Carneiro da Cunha, Juliana Chuan Lu, Laís Barbosa, Ricardo Goulart Tredezini Straioto

## Equipe de Desenvolvimento de Materiais

**Laboratório de Novas Tecnologias – LANTEC/CED**

**Coordenação Pedagógica das Licenciaturas a Distância UFSC/CED/CFM**

**Coordenação Geral** Marina Bazzo de Espíndola

**Vice-Coordenação** Carla Cristina Dutra Búrigo

**Coordenação de Formação** Carla Cristina Dutra Búrigo

**Coordenação de Desenvolvimento de Materiais**

**Impressos e Multimídias** Juliana Cristina Faggion Bergmann

**Coordenação de Avaliação** Zenilde Durlí

## Design Gráfico

**Supervisão** Roberto Gava Colombo

**Adaptação do Projeto Gráfico** Laura Martins Rodrigues, Thiago Rocha Oliveira

**Diagramação** Isadora Bernardo Cardoso

**Ilustrações** Amanda Cristina Woehl, Cristiane Amaral, Liane Lazarin, Grazielle S. Xavier, Jean H. de O. Menezes, João Antônio Amante Machado, Kallani Bonelli, Maiara Ornellas Ariño, Rafael Naravan Kienen, Talita Ávila Nunes

## Design Educacional

**Supervisão** Sila Marisa de Oliveira

**Design Educacional** Sila Marisa de Oliveira

**Revisão gramatical** Christiane Maria Nunes de Sousa

Copyright © 2015 Universidade Federal de Santa Catarina. Biologia/EaD/UFSC

*Nenhuma parte deste material poderá ser reproduzida, transmitida e gravada sem a prévia autorização, por escrito, da Universidade Federal de Santa Catarina.*

R696a Rodrigues, Ana Cláudia

Anatomia Vegetal / Ana Cláudia Rodrigues, Erika Amano, Sergio Luiz de Almeida. - Florianópolis : Biologia/EaD/UFSC, 2015.

152 p.: il., graf., tabs., plantas

Inclui bibliografia.

ISBN: 978-85-61485-27-6

1. Anatomia Vegetal - I. Amano, Erika. II. Almeida, Sergio Luiz de. III. Título.

CDU: 581.4

Catálogo na fonte elaborada na DECTI da Biblioteca Universitária da Universidade Federal de Santa Catarina.

# Sumário

<b>Apresentação.....</b>	<b>9</b>
<b>1 Célula Vegetal.....</b>	<b>11</b>
1.1 Características da Célula Vegetal .....	13
1.2 Parede Celular .....	14
1.2.1 Composição Química da Parede Celular .....	15
1.2.2 Estrutura da Parede Celular .....	16
1.3 Plastídios.....	19
1.4 Vacúolos.....	22
1.5 Substâncias Ergásticas.....	23
Resumo .....	24
Referências .....	25
<b>2 Tecidos Meristemáticos ou Embrionários.....</b>	<b>27</b>
2.1 Características dos Tecidos Meristemáticos ou Embrionários .....	29
2.2 Meristemas Apicais .....	29
2.2.1 Ápice Caulinar .....	30
2.2.2 Ápice Radicular.....	32
2.3 Meristemas Intercalares.....	33
2.4 Meristemas Laterais .....	33
2.4.1 Câmbio Vascular.....	34
2.4.2 Felogênio .....	34
Resumo.....	35
Referências .....	36

### 3 Sistema de Revestimento..... 39

3.1 Epiderme .....	41
3.1.1 <i>Complexo Estomático</i> .....	44
3.1.2 <i>Tricomas</i> .....	47
3.2 Periderme.....	49
Resumo.....	50
Referências .....	51

### 4 Sistema Fundamental..... 53

4.1. Parênquima .....	55
4.1.1 <i>Parênquima de Preenchimento</i> .....	57
4.1.2 <i>Parênquima Clorofiliano</i> .....	57
4.1.3 <i>Parênquima de Reserva</i> .....	59
4.2 Colênquima .....	60
4.3 Esclerênquima.....	60
4.3.1 <i>Esclereídes</i> .....	62
4.3.2 <i>Fibras</i> .....	63
Resumo.....	64
Referências .....	65

### 5 Tecidos Vasculares..... 67

5.1 Xilema.....	69
5.1.1 <i>Composição Celular</i> .....	69
5.1.2 <i>Xilema Primário e Secundário</i> .....	72
5.2 Floema .....	76
5.2.1 <i>Composição Celular</i> .....	76
5.2.2 <i>Floema Primário e Secundário</i> .....	80
5.3 Feixes Vasculares .....	81
Resumo.....	82
Referências .....	83

### 6 Estruturas Secretoras..... 85

6.1 Estruturas Secretoras Externas.....	87
6.1.1 <i>Tricomas Glandulares</i> .....	87
6.1.2 <i>Coléteres</i> .....	89
6.1.3 <i>Glândulas de Sal</i> .....	89
6.1.4 <i>Glândulas Digestivas</i> .....	89
6.1.5 <i>Nectários</i> .....	90
6.1.6 <i>Hidatódios</i> .....	90

6.2 Estruturas Secretoras Internas .....	90
6.2.1 Células Secretoras .....	90
6.2.2 Cavidades e Canais Secretores.....	92
6.2.3 Laticíferos.....	93
Resumo.....	94
Referências .....	95

## 7 Órgãos Vegetativos..... 97

7.1 Raiz .....	99
7.1.1 Origem.....	99
7.1.2 Estrutura Primária.....	100
7.1.3 Estrutura Secundária.....	105
7.1.4 Raízes Laterais.....	108
7.2 Caule .....	109
7.2.1 Origem .....	109
7.2.2 Organização.....	109
7.2.3 Estrutura Primária .....	109
7.2.4 Estrutura Secundária .....	113
7.3 Folha .....	117
7.3.1 Origem .....	117
7.3.2 Anatomia .....	117
7.3.3 Adaptações.....	122
7.3.4 Folhas de Gimnospermas .....	123
7.3.5 Anatomia Kranz.....	124
Resumo.....	125
Referências .....	127

## 8 Órgãos Reprodutivos..... 129

8.1 Flor .....	131
8.1.1 Sépalas.....	131
8.1.2 Pétalas.....	131
8.1.3 Estames.....	133
8.1.4 Carpelos.....	136
8.2 Fruto .....	139
8.2.1 Variações estruturais de frutos .....	140
8.3 Semente .....	144
8.3.1 Tegumento.....	147
8.3.2 Endosperma.....	148
8.3.3 Embrião.....	149
Resumo .....	150
Referências .....	151





# Apresentação

Caro aluno,

A **Anatomia Vegetal** constitui uma disciplina dos cursos de Ciências Biológicas por conta da necessidade de proporcionar aos alunos uma base de conhecimentos sobre a estruturação interna do corpo do vegetal. Tais conhecimentos são importantes para que você possa compreender os processos fisiológicos das plantas e também as relações filogenéticas entre os diferentes táxons vegetais.

O estudo da anatomia vegetal serve a duas finalidades principais. A primeira delas é fazer uma descrição detalhada de cada um dos órgãos do vegetal adulto, considerando sua posição no corpo do vegetal; é a chamada **anatomia descritiva**. Também pode ser utilizado para acompanhar o desenvolvimento dos órgãos vegetais desde o início de sua formação até a fase adulta; nesse caso, temos a **anatomia ontogenética**. Atualmente, além desses dois enfoques, os estudos em anatomia vegetal podem ser empregados para descrever características morfológicas relacionadas aos processos ecofisiológicos sofridos pelas plantas nos mais distintos ambientes e, principalmente, utilizar essa caracterização anatômica em contextualizações globais que envolvam tais processos.

O presente livro trata, através de linguagem clara, acessível e científica, de conteúdos necessários para a formação de licenciados em Biologia. Apresenta também ilustrações e imagens, inseridas com o objetivo de facilitar a compreensão desses assuntos. Encontra-se dividido em oito capítulos, iniciando com o estudo da célula vegetal, passando pelo estudo dos tecidos, dos órgãos vegetativos e, por fim, dos órgãos reprodutivos.

Chamamos a atenção para o fato de que este livro tem como principal público-alvo você, aluno do curso de Licenciatura em Biologia na modalidade a distância. Dessa forma, os conteúdos apresentados nos diferentes capítulos abordam tópicos principais que devem ser ponto de partida para estudos mais aprofundados, disponíveis em outras literaturas e no ambiente virtual (AVEA).

Esperamos que o livro "Anatomia Vegetal" realmente possa ajudá-lo numa melhor compreensão do corpo do vegetal e possa auxiliá-lo também em outras áreas da Botânica ao longo do curso.

**Ana Claudia Rodrigues**  
**Érika Amano**  
**Sérgio Luiz de Almeida**

# CAPÍTULO 1



## Célula Vegetal

*Neste capítulo, você vai aprender que a célula vegetal apresenta características marcantes que a diferenciam da célula animal, como a presença de parede celular, vacúolos, plastídios e substâncias ergásticas. Você vai estudar as características de cada uma dessas estruturas, compreendendo sua importância e sua função para a manutenção do corpo do vegetal.*



## 1.1 Características da Célula Vegetal

A célula vegetal é considerada a unidade estrutural e funcional das plantas. O termo **célula** (do latim *cellula* = pequena cela) foi designado em 1665 pelo físico inglês **Robert Hooke**.

*Robert Hooke foi também o inventor do microscópio. Ao analisar a estrutura da cortiça, considerou-a semelhante às celas ou clausuras dos conventos.*

A célula vegetal, conforme se observa na Figura 1.1, é semelhante à célula animal, ou seja, muitas estruturas são comuns a ambas. Entretanto, existem algumas peculiaridades que cabem, apenas, à célula vegetal. A parede celular envolve a membrana plasmática, que circunda o citoplasma, no qual está contido o núcleo. No citoplasma estão presentes organelas, como vacúolos, plastídios, mitocôndrias, microcorpos, aparato de Golgi e retículo endoplasmático, citoesqueleto e ribossomos. São consideradas características típicas da célula vegetal: **parede celular, vacúolos, plastídios e substâncias ergásticas**.

De modo geral, a célula vegetal pode variar tanto na forma quanto no tamanho, sendo as formas mais comuns as poliédricas, fusiformes, tabulares, cilíndricas, reniformes e lobuladas. A forma, muitas vezes, está relacionada com a função que a célula desempenha. Quanto ao tamanho, a maioria das células vegetais é microscópica. Entretanto, existem células macroscópicas, como as **fibras do algodão**, os **alvéolos dos gomos de laranja**, as **fibras do rami**, entre outros.

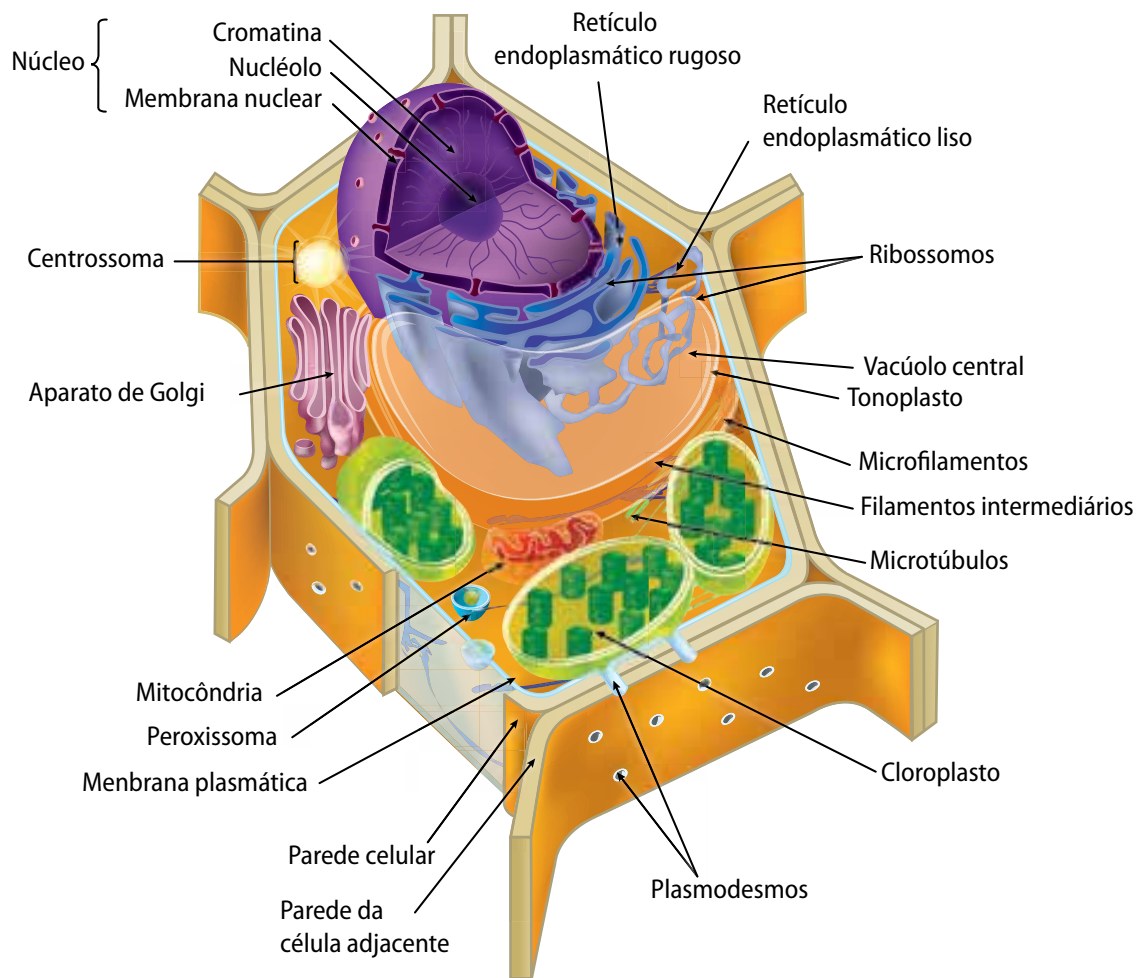


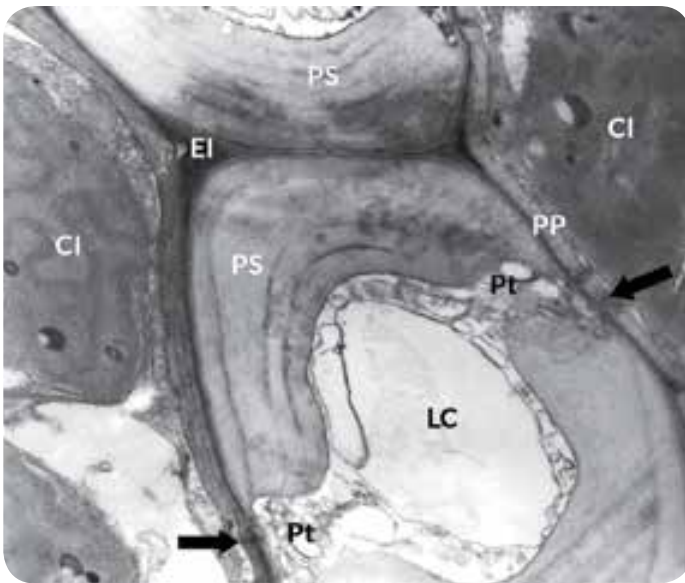
Figura 1.1 – Esquema de uma célula vegetal. A parede celular envolve a membrana plasmática, a qual, por sua vez, envolve o citoplasma, o núcleo e as demais organelas.

## 1.2 Parede Celular

A parede celular ocorre nas células vegetais. Pode ser delgada e frágil, como nas células meristemáticas, ou muito espessada e rígida, como nas células esclerenquimáticas (Figura 1.2). As células permanecem reunidas, formando tecidos. O que as mantém unidas umas às outras é a **lamela média**, uma fina camada constituída principalmente de **substâncias pécticas** sintetizadas pelas próprias células, a qual é depositada entre as paredes de células contíguas.

A primeira parede que se forma na célula é a **parede primária**, que pode permanecer como única durante toda a existência da célula. A célula também pode desenvolver a **parede secundária**

Substâncias pécticas são também substâncias responsáveis pela textura dos frutos. O alto teor de protopectina e o baixo teor de pectina solúvel conferem aos frutos textura mais firme e, conseqüentemente, maior resistência ao transporte. No caso inverso (teor de protopectina baixo e teor de pectina solúvel alto), os frutos se apresentam com textura fraca, amolecidos, sem resistência ao transporte.



(Figura 1.2). A parede celular está relacionada a algumas funções importantes, como: permeabilidade a água e a outras substâncias, prevenção de ruptura da membrana plasmática, retenção de enzimas relacionadas a vários processos metabólicos e atuação na defesa contra bactérias e fungos.

Figura 1.2 – Fotomicrografia eletrônica de células vegetais com paredes secundárias (PS) espessadas e células com paredes finas, apenas primárias (PP). CI = Cloroplastos; EI = espaço intercelular; Pt = pontoação; LC = lúmen celular. Setas pretas = Plasmodesmos.

### 1.2.1 Composição Química da Parede Celular

Na sua composição química, a parede celular apresenta celulose, hemicelulose, substâncias pécnicas e lipídicas, proteínas e, em algumas ainda, lignina.

A **celulose** é um polissacarídeo composto puramente de moléculas de glicose interligadas por pontes de hidrogênio, formando as fibrilas (Figura 1.3). Essas moléculas podem se unir de forma paralela, cristalizando-se e produzindo agregados chamados microfibrilas. A celulose apresenta resistência mecânica e birrefringência.

A **hemicelulose** é uma mistura de polissacarídeos de várias composições altamente ramificados. Seu conteúdo na parede celular varia muito, mesmo em diferentes camadas de uma mesma parede.

As **substâncias pécnicas** são polímeros formados por ácidos galacturônicos que se subdividem em três grupos: protopectina, pectina e ácido pécnico.

As substâncias de caráter **lipídico** incluem **cutina**, **cera**, **suberina** e **esporopolenina**. A cutina ocorre na epiderme, formando a cutícula – geralmente misturada com cera. A constituição química da cutina e da suberina é parcialmente conhecida. A cera pode conter ésteres de ácidos alifáticos, alcoóis e hidrocarbonetos de

parafina. A esporopolenina é uma substância química que ocorre nas paredes do grão de pólen, evitando sua desidratação e protegendo-o.

São também encontradas proteínas na parede celular, principalmente na parede primária. A **lignina** é um polímero misto que contém derivados do fenilpropano e possui uma molécula bastante ramificada, ao contrário da molécula da celulose, que é filiforme.

### 1.2.2 Estrutura da Parede Celular

A **parede primária** apresenta a deposição das microfibrilas de celulose em arranjo entrelaçado (Figura 1.3). Em muitas células, a parede primária é a única que permanece (Figura 1.4A); em outras, internamente à parede primária, ocorre a deposição de camadas adicionais, que constituem a **parede secundária**. Nessa parede, as macrofibrilas de celulose são depositadas por aposição, ou seja, por arranjo ordenado. A primeira, segunda e terceira camadas da

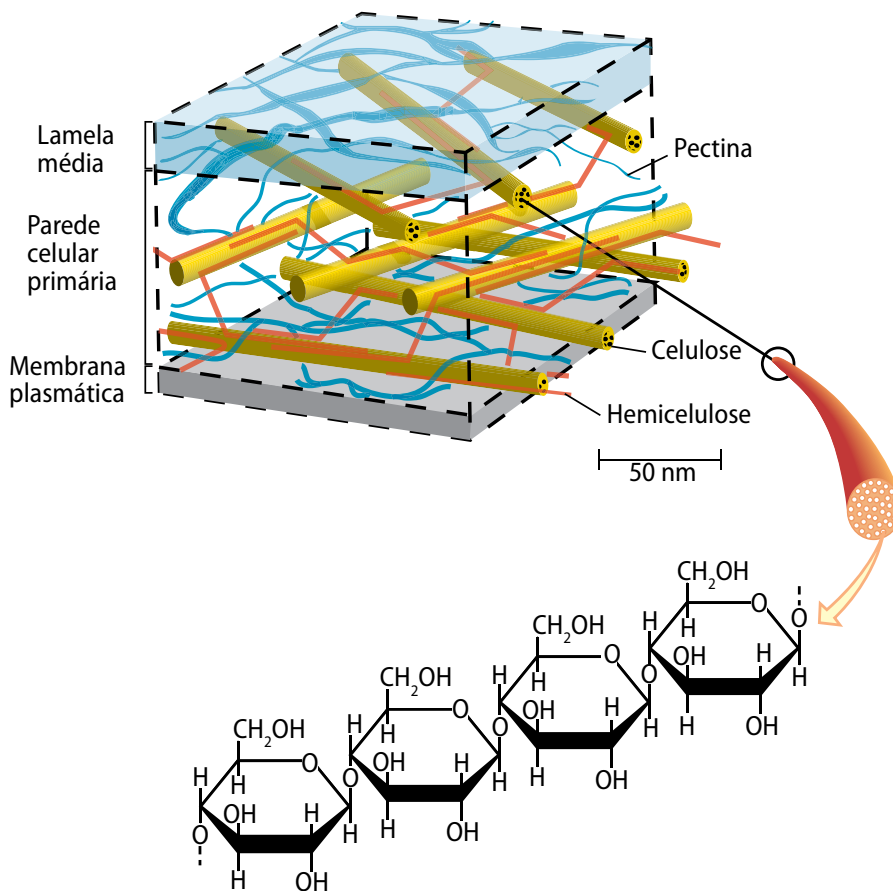
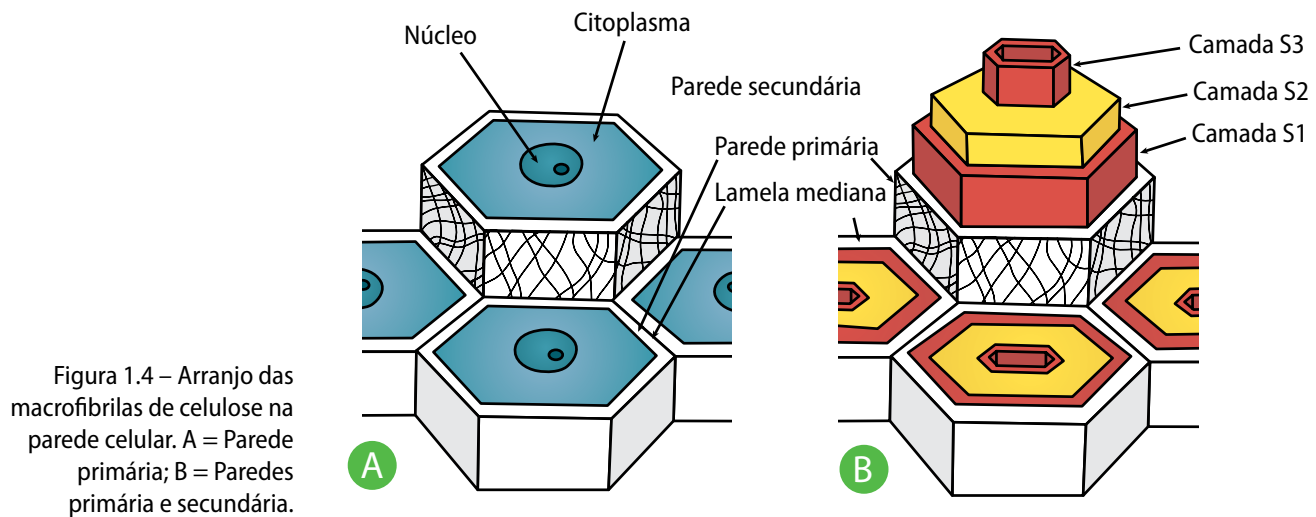


Figura 1.3 – Esquema representativo da composição e estrutura da parede celular. Observa-se o arranjo das macrofibrilas de celulose, a qual é interpenetrada por uma matriz contendo polissacarídeos não celulósicos: hemicelulose e pectinas. As paredes primárias e secundárias são constituídas por macrofibrilas, que, por sua vez, são formadas por microfibrilas. As microfibrilas são compostos de moléculas de celulose que, em determinados pontos, mostram um arranjo organizado (estrutura micelar), o que lhes confere propriedade cristalina.





parede secundária são designadas S1, S2 e S3, respectivamente, sendo delimitadas pela mudança de orientação da deposição, que varia nas diferentes camadas (Figura 1.4B).

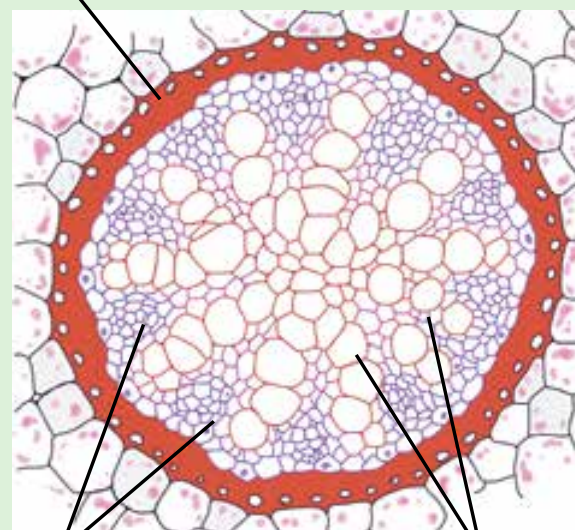
Na parede primária é possível distinguir regiões delgadas ou depressões, denominadas **campos primários de pontoação**, os quais são pontos de interrupção de deposição das microfibrilas de celulose.

### Paredes primárias e secundárias

Em seções anatômicas de órgãos vegetais, normalmente utilizamos a dupla coloração feita com o corante azul de astra e a safranina. O primeiro é um corante básico e tem afinidade por substâncias ácidas, e o segundo é um corante ácido com afinidade para substâncias básicas. Dessa forma, o azul de astra cora a celulose de azul e a safranina cora a lignina de tons que variam do rosa ao vermelho, identificando, assim, as paredes primárias e secundárias do tecido vegetal, conforme se observa na Figura 1.5.

Figura 1.5 – Secção transversal de raiz de espécie de monocotiledônea, mostrando endoderme e elementos de vasos do xilema corados com safranina e células do floema coradas com azul de astra.

### Endoderme



Floema

Xilema

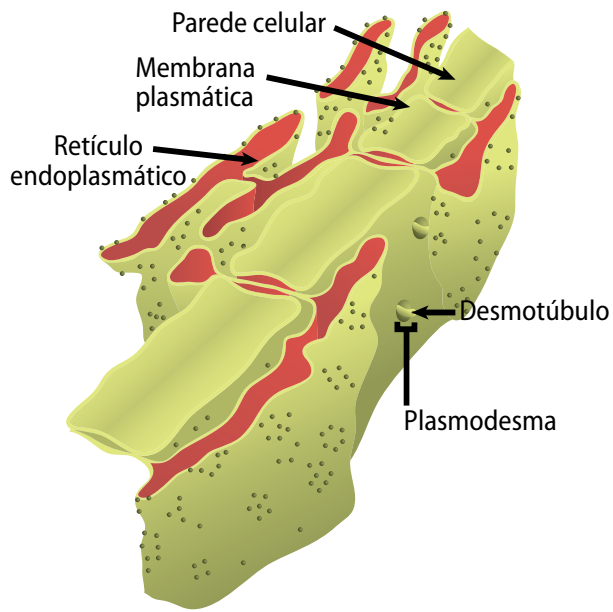


Figura 1.6 – Esquema da constituição dos plasmodesmos. Cada plasmodesmo apresenta uma porção do retículo endoplasmático (desmotúbulo), que atravessa a parede celular primária de duas células adjacentes, bem como a lamela média.

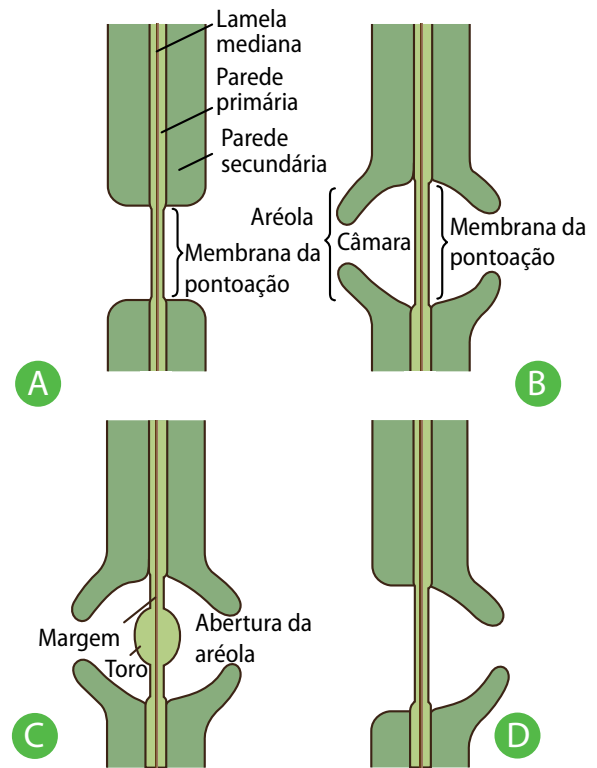
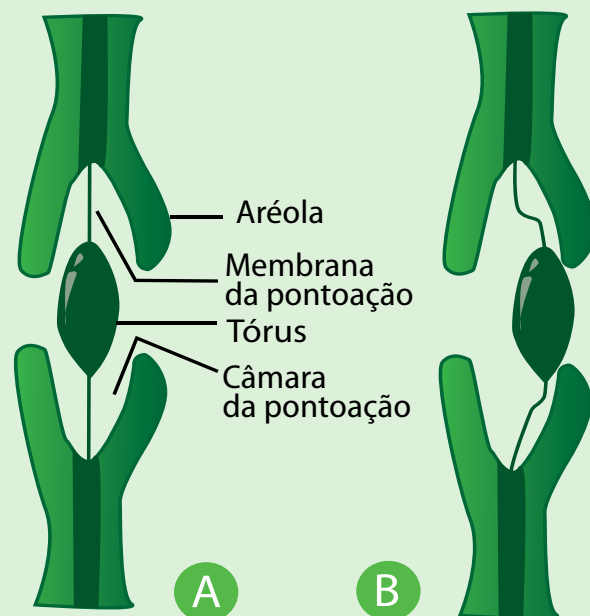


Figura 1.7 – Alguns tipos de pontoações em vista lateral. A = Par de pontoações simples; B = Par de pontoações areolada; C = Par de pontoações areolada com tórus; D = Par de pontoações semiareolada.

### Tórus

O tórus é um espessamento da parede primária de duas células adjacentes, juntamente com a lamela média. Ocorre nas traqueídes das coníferas. Sua função é interromper o fluxo lateral de uma traqueíde para a outra, se movendo em direção à abertura da pontoação, e fechando-a hermeticamente, conforme se observa nas Figuras 1.8A e 1.8B.

Figura 1.8 – Pontoação areolada presente nas traqueídes mostrando a abertura e o fechamento do tórus.



Nestes locais se acumulam filamentos citoplasmáticos ou plasmodesmos (de aproximadamente 60 nm de diâmetro), que favorecem a comunicação entre os protoplastos de células contíguas (Figura 1.6).

Na parede secundária, os poros são maiores e recebem o nome de **pontoações**. Esses poros maiores se formam onde haviam os campos primários de pontoação. As pontoações podem ser simples, quando a cavidade da pontoação tem quase o mesmo diâmetro em toda sua extensão, e aeroladas, quando a parede secundária arqueia-se sobre a cavidade da pontoação, reduzindo-a em direção ao lúmen celular e formando uma aréola ao redor de sua abertura. Na figura 1.7 observam-se, entre os tipos já citados, a pontoação areolada com tórus e a pontoação semiareolada. Na pontoação semiareolada, um lado da pontoação é do tipo simples e o outro lado é do tipo areolada.

### 1.3 Plastídios

Os plastídios ou plastos são organelas extremamente dinâmicas, capazes de se dividir, crescer e se diferenciar. Incluem várias formas, cada qual com estrutura e metabolismo especializados. Apresentam um envoltório constituído por duas membranas lipoproteicas, contendo uma matriz denominada **estroma**, onde se situa o sistema de membranas denominado **tilacóides**, possuem seu próprio DNA e podem apresentar ribossomos.

A partir de **proplastídios**, que são organelas sem cor e com poucas membranas internas, surgem os demais plastos (Figura 1.9). No escuro, as plantas desenvolvem estioloplastos, causando, assim, um estiolamento nas partes áreas, que é um estágio na diferenciação do cloroplasto. A luz é necessária para converter o precursor protoclorofila em clorofila e, assim, promover a formação e empilhamento das membranas dos tilacóides. Os plastos são classificados de acordo com o tipo e a presença ou ausência de pigmentos, dividindo-se em três grandes grupos: cloroplastos, cromoplastos e leucoplastos.

Os **cloroplastos** contêm pigmentos do grupo das clorofilas, importantes na fotossíntese, além de pigmentos acessórios, como carotenóides. Ocorrem em todas as partes verdes da planta, sendo

mais numerosos e diferenciados nas folhas. Apresentam a estrutura mais complexa dos plastídios. Em vista frontal, apresentam forma discoide e lateral lenticular. Os tilacóides formam pilhas de membranas, denominadas **Grânulo** ou **Granum**. O conjunto de granum forma a **Grana** (Figura 1.10). As membranas dos tilacoides possuem clorofilas e carotenoides, e nelas acontecem as reações fotoquímicas que transformam a energia luminosa em energia química. No lúmen dos tilacóides acontece a oxidação da água, liberando oxigênio da fotossíntese. O estroma é constituído por proteínas responsáveis pela redução do carbono na fotossíntese. Os cloroplastos apresentam DNA próprio.

Os **cromoplastos** são plastídios portadores de pigmentos carotenóides que, geralmente, não apresentam pigmentos associados à fotossíntese (Figura 1.11). São encontrados nas pétalas e em outras partes coloridas das flores, dos frutos e de algumas raízes. Surgem da transformação dos cloroplastos, isto é, ocorre o desarranjo das membranas dos tilacóides e mudanças dos pigmentos acumulados, os quais podem se reverter e voltar a ser um cloroplasto. Sintetizam e acumulam pigmentos em forma de cristais, como nas raízes da cenoura.

Os **leucoplastos** são plastídios que não apresentam pigmentos, mas armazenam substâncias. Eles podem ser classificados em:

- a) **Amiloplastos:** quando acumulam de um a vários grãos de amido, um dos produtos da fotossíntese, e se encontram em tecidos e órgãos de reserva. Apresentam sistema de tilacóides pouco desenvolvido (Figura 1.12). Quando expostos à luz, podem se transformar em cloroplastos (Figura 1.19).
- b) **Proteinoplastos:** quando armazenam proteínas. São encontrados nos elementos crivados da maioria das angiospermas, geralmente de forma cônica e parcialmente cristalóide.
- c) **Elaioplastos:** quando reservam óleos.

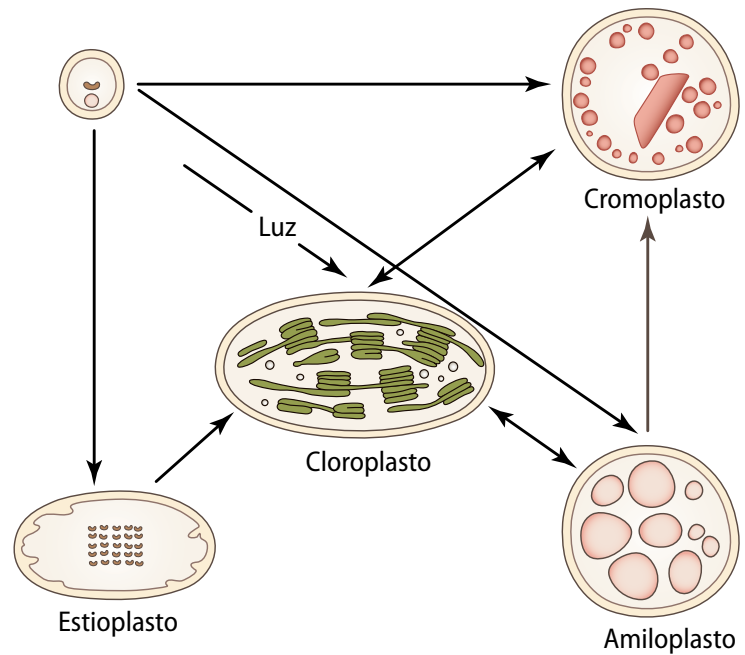


Figura 1.9 – Diferentes tipos de plastídios, sua formação e interconversão. Na presença de luz, o proplastídio transforma-se em cloroplasto; na ausência de luz, origina o estioloplasto. O proplastídio pode dar origem ao amiloplasto e ao cromoplasto na presença ou ausência de luz. O cloroplasto pode se transformar em amiloplasto e cromoplasto, e vice-versa. O amiloplasto transforma-se em cromoplasto, mas não ocorre o inverso.

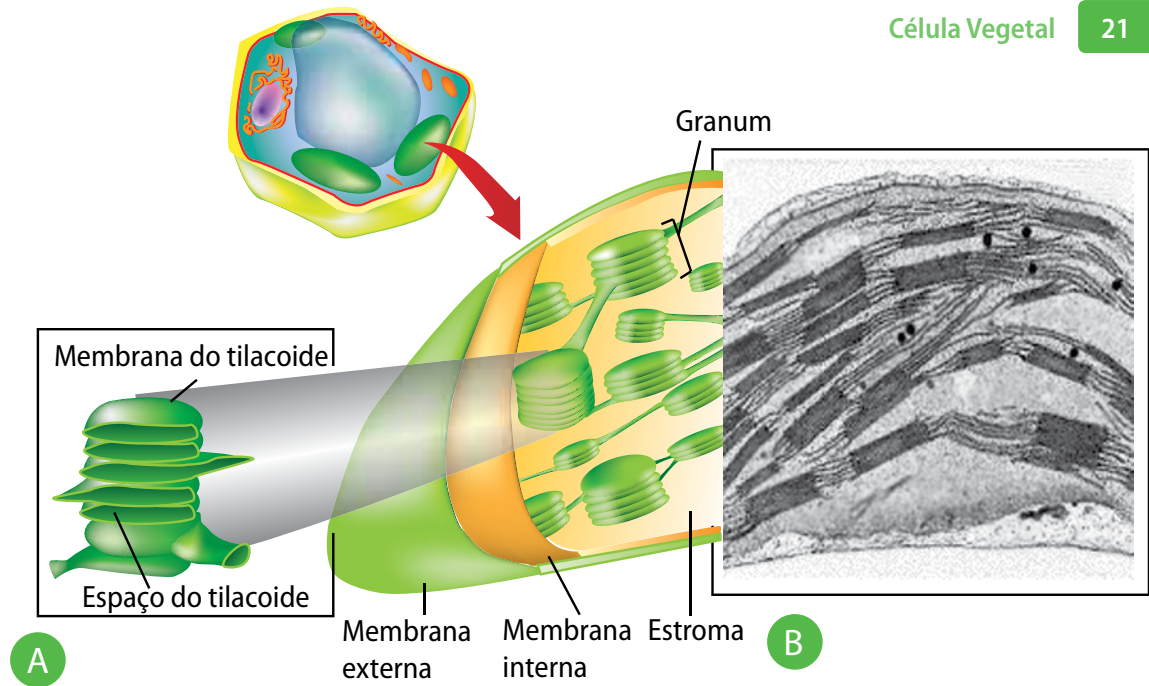


Figura 1.10 – A = Esquema de um cloroplasto mostrando o envoltório constituído por duas membranas lipoproteicas: externa e interna. É mostrada uma matriz, denominada de estroma, e um conjunto de membranas, chamadas de tilacóides, que podem se empilhar e constituir os tilacóides do grânulo (*granum*), ou percorrer o estroma, interligando os grânulos (*grana*); B = Fotomicrografia eletrônica de um cloroplasto mostrando as membranas dos tilacóides.

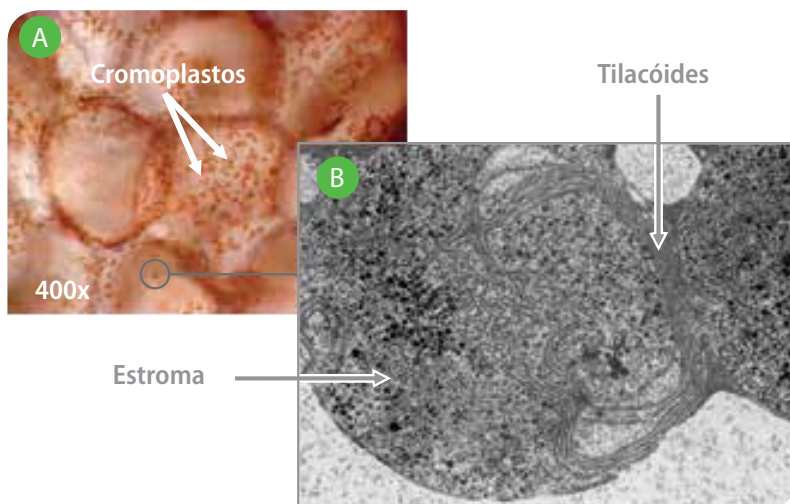


Figura 1.11 – Cromoplasto. A = Detalhe em microscopia de luz mostrando os cromoplastos que aparecem dentro da célula (pontos laranjas); B = Detalhe em microscopia eletrônica de transmissão mostrando a estrutura interior do cloroplasto. As membranas são ricas em pigmentos carotenóides, que dão as cores características desses grânulos.

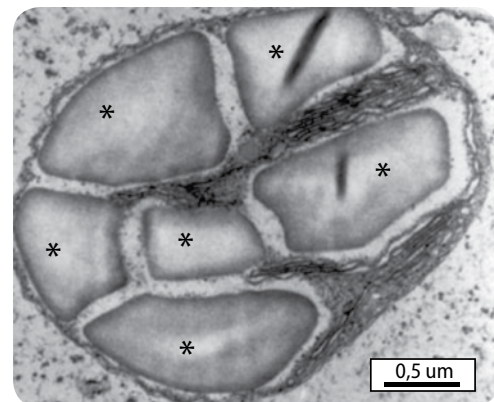


Figura 1.12 – Eletromicrografia de um amiloplasto mostrando vários grãos de amido no seu interior.

## 1.4 Vacúolos

Os vacúolos são organelas volumosas das células maduras que, frequentemente, constituem cerca de 90% do total do volume do protoplasma, deixando o resto do protoplasma pressionado junto à parede (Figura 1.13). Sua estrutura é simples: apenas uma membrana vacuolar, denominada **tonoplasto**, e o líquido interno, chamado **conteúdo vacuolar**. Em células pequenas e meristemáticas, os vacúolos são muito pequenos. À medida que a célula cresce, eles se fundem e formam um único vacúolo grande, característico de célula madura. O tonoplasto é uma membrana lipoproteica em que são encontradas importantes proteínas, essenciais em muitos processos metabólicos. O conteúdo vacuolar é formado por água, íons, açúcares, pigmentos, proteínas e outros elementos. Muitas dessas substâncias são dissolvidas em água e possuem enzimas. O pH é ácido, em torno de 5. Os vacúolos possuem diferentes funções e propriedades, de acordo com o tipo de célula. Participam ativamente no crescimento e no desenvolvimento da planta, através de um gradiente de potencial osmótico responsável pela pressão de turgor, essencial para o alongamento celular. Também participam da manutenção do pH da célula, por meio da bomba  $H^+ATPase$ . Os vacúolos são responsáveis pela digestão de outros componentes celulares (autofagia). Podem ser compartimentos de armazenamento de íons, proteínas e outros metabólitos. Também podem acumular metabólitos secundários, como substâncias fenólicas, por exemplo. Em alguns casos, podem acumular cristais de oxalato de cálcio, como drusas, ráfides e estiloides.



Figura 1.13 – Eletromicrografia mostrando células vegetais com um vacúolo (V) conspícuo, cloroplastos (Cl) e mitocôndrias (Mi), além de vários plasmodesmos (setas) nos campos primários de pontuação das paredes de células adjacentes.

## 1.5 Substâncias Ergásticas

São substâncias orgânicas ou inorgânicas resultantes do metabolismo celular que não fazem parte da estrutura da célula. Podem ser substâncias de reserva ou produtos de excreção, que têm função importante na defesa da planta contra predadores. Podem ser armazenados nas paredes celulares ou no vacúolo. Idioblasto é a célula diferenciada que contém as substâncias ergásticas. Dentre as várias substâncias ergásticas, destacamos:

- a) **Lipídios:** são óleos e gorduras que ocorrem frequentemente nas sementes, esporos, embriões e células meristemáticas. Podem se apresentar como corpos sólidos ou como gotículas.
- b) **Taninos:** é um grupo de substâncias derivadas do fenol que pode ocorrer em todos os órgãos dos vegetais. Apresenta natureza amorfa, sendo comum nos vacúolos, no citoplasma e na parede celular. Evita a decomposição do vegetal e a ação de predadores, como insetos (Figura 1.14).

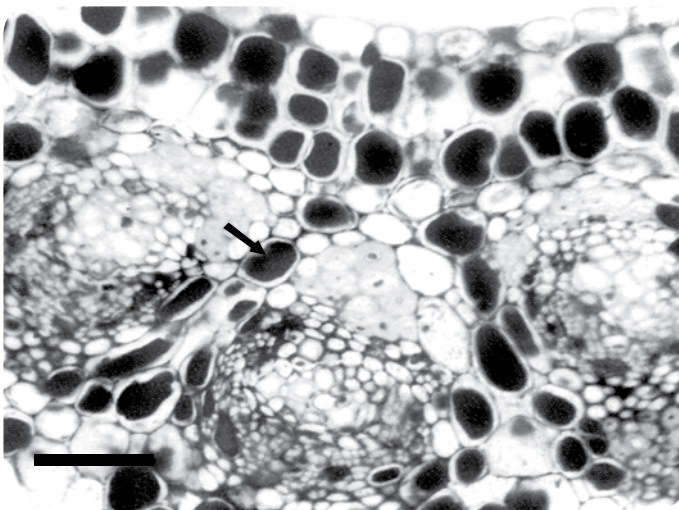


Figura 1.14 – Imagem mostrando células (idioblastos) com reserva de compostos fenólicos armazenados nos vacúolos (seta).

- c) **Cristais:** são de natureza orgânica ou inorgânica. Os mais comuns nas plantas são os de oxalato de cálcio, de carbonato de cálcio e de sílica. Podem apresentar as seguintes formas: drusas, que possuem numerosas faces e pontos pontiagudos (Figura 1.15A); ráfides, que são alongados e em forma de agulhas finas (Figura 1.15B); estilóides, que são longos, estreitos e pontiagudos e ocorrem de forma simples ou em pares (Figura 1.15C); e cistólitos, que têm forma de bolsa e são comuns em folhas do gênero *Ficus*, as figueiras.

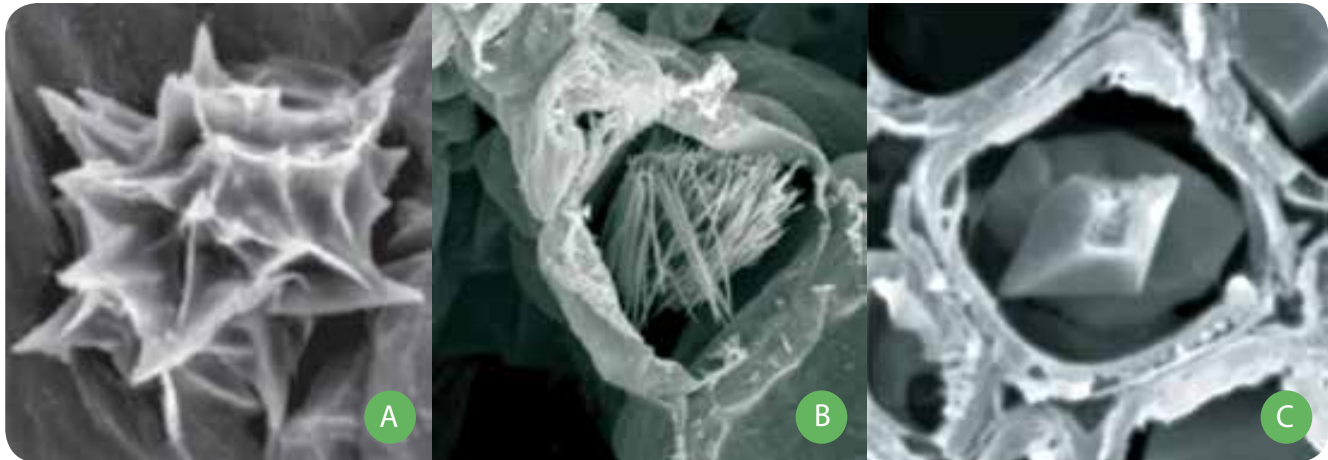


Figura 1.15 – Eletromicrografias de varredura mostrando idioblastos com substâncias ergásticas. A = Cristais em forma de drusas; B = Cristais em forma de ráfides; C = Cristais em forma de prismas.

- d) **Corpos de sílica:** são depósitos de dióxido de sílica comuns em monocotiledôneas. São específicos em famílias e gêneros. A sílica também pode estar depositada na parede celular.
- e) **Corpos proteicos:** ocorrem como material de reserva em sementes e frutos. Podem se apresentar como corpos amorfos ou com formas distintas.
- f) **Mucilagem:** são secreções que contêm carboidratos e água e se acumulam no vacúolo, sendo comum em plantas de ambientes xéricos.

## Resumo

A célula vegetal apresenta características que a diferenciam da célula animal, como: parede celular, vacúolos, plastídios e substâncias ergásticas. A parede celular primária apresenta, na sua composição química, celulose, hemicelulose, substâncias pécicas e lipídicas e proteínas. Na parede celular secundária, além desses constituintes, ainda ocorre a deposição de lignina. A comunicação entre duas células se dá através da presença de plasmodesmos. Nas células com parede primária, os plasmodesmos se localizam em depressões da parede, denominadas **campos primários de**

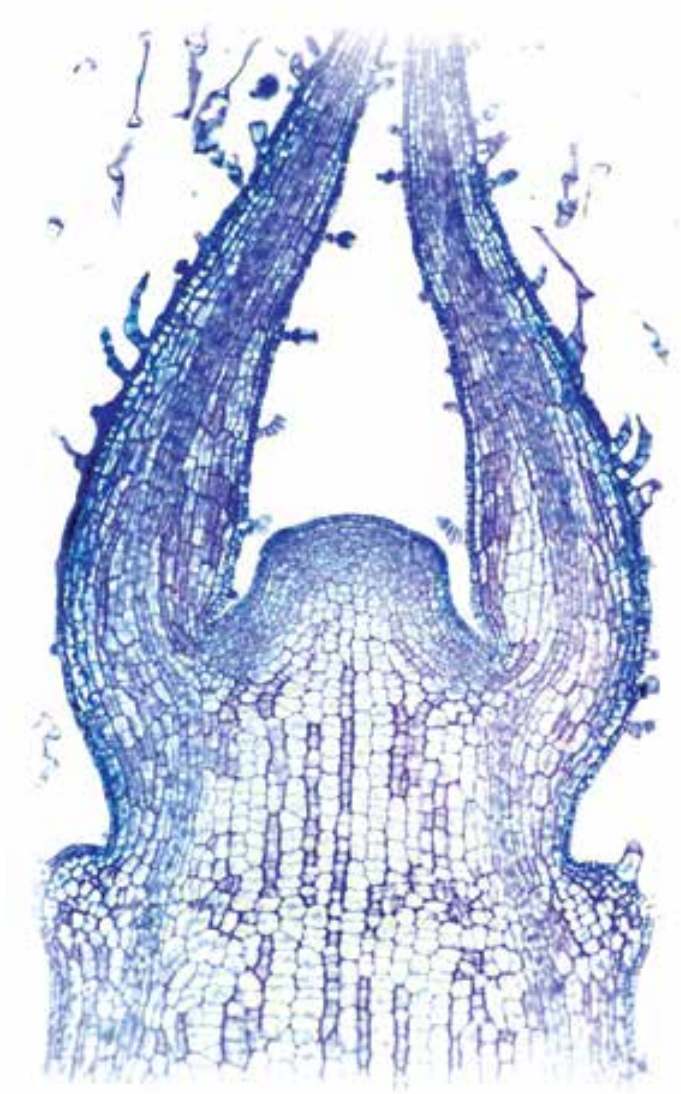


**pontoação.** Nas células com parede secundária, nesses locais ocorrem as pontoações. Os plastídios são organelas que apresentam um envoltório constituído por duas membranas lipoproteicas, contendo uma matriz denominada **estroma**, onde se situa um sistema de membranas denominadas **tilacóides**. São classificados de acordo com o tipo e a presença ou ausência de pigmentos, dividindo-se em três grandes grupos: cloroplastos, cromoplastos e leucoplastos. Os cloroplastos acumulam clorofila e são responsáveis pela fotossíntese. Os cromoplastos armazenam outros pigmentos e os leucoplastos armazenam substâncias como amido, proteínas e óleos. Os vacúolos são organelas envolvidas por uma membrana vacuolar, denominada **tonoplasto**, e por um líquido interno, chamado **conteúdo vacuolar**. Os vacúolos possuem diferentes funções e propriedades, de acordo com o tipo de célula. As substâncias ergásticas são substâncias orgânicas ou inorgânicas resultantes do metabolismo celular. Elas não fazem parte da estrutura da célula, e podem ser líquidas ou sólidas. Dentre as principais substâncias ergásticas, destacamos: lipídios, taninos e cristais, como drusas e ráfides. A célula diferenciada que reserva tais substâncias é denominada **idioblasto**.

## Referências

- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M. (Ed.). *Anatomia Vegetal*. Viçosa: Editora Folha de Viçosa Ltda., 2003. 438p.
- ESAU, K. *Anatomia das Plantas com Sementes*. São Paulo: EPU-EDUSP, 1974. 293p.
- FAHN, A. *Anatomia Vegetal*. Madrid: H. Blume Ediciones, 1978. 643p.
- MAUSETH, J.D. *Plant Anatomy*. California: The Benjamin/Cummings Publ. Co., 1988. 458p.
- SOUZA, L.A. de. *Morfologia e Anatomia Vegetal: célula, tecidos, órgãos e plântula*. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2003. 259p.

# CAPÍTULO 2



## Tecidos Meristemáticos ou Embrionários

*Neste capítulo, você vai entender que as plantas crescem graças à existência de regiões específicas que ocorrem no corpo do vegetal, os meristemas. Os tecidos meristemáticos são destinados à formação dos demais tecidos, fornecendo sempre novas células ao corpo do vegetal.*



## 2.1 Características dos Tecidos Meristemáticos ou Embrionários

O crescimento das plantas ocorre graças à existência de regiões especializadas que produzem novas células, as quais são incorporadas ao corpo do vegetal. Essas regiões são denominadas de **meristemas**. Ao contrário dos animais, as plantas continuam a crescer ao longo de toda a sua vida. Todo o seu crescimento é resultante da atividade dos meristemas, que se localizam em regiões específicas no corpo do vegetal.

A palavra **meristema** vem da expressão grega meristos, que significa “crescer”. As células meristemáticas são indiferenciadas com paredes primárias delgadas, tamanho comparativamente menor em relação às células diferenciadas, citoplasma denso, núcleo volumoso, vários e pequenos vacúolos e plastos indiferenciados (proplastídios).

Podem ser classificados de acordo com a localização no corpo do vegetal, sendo denominados **apicais**, **intercalares** e **laterais**, ou de acordo com o tempo de surgimento no corpo do vegetal, sendo denominados **meristemas primários** (apicais e intercalares) e **meristemas secundários** (laterais).

## 2.2 Meristemas Apicais

Os meristemas apicais se originam no embrião das pteridófitas (plantas vasculares sem semente), das gimnospermas (plantas

vasculares com sementes expostas) e das angiospermas (plantas vasculares com sementes encerradas em frutos). Os meristemas de origem embrionária se autoperpetuam, mantendo-se na planta jovem e, depois na planta adulta, localizando-se nos ápices dos caules e das raízes, e nos ápices de suas ramificações, conforme se observa na Figura 2.1. Tais regiões contêm os promeristemas. Através de divisões, as células do promeristema, que são células iniciais, produzem os precursores dos tecidos meristemáticos primários do caule e da raiz. Esses precursores são os meristemas apicais: procâmbio, meristema fundamental e protoderme, os quais vão formar o corpo primário da planta.

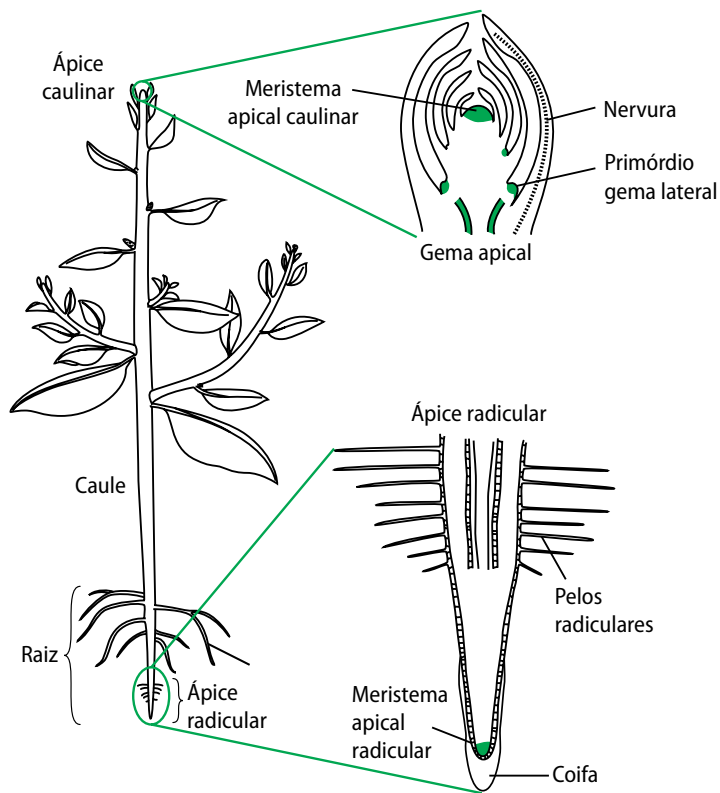


Figura 2.1 – Representação esquemática dos meristemas apicais de uma planta.

### 2.2.1 Ápice Caulinar

O meristema apical caulinar da maioria das angiospermas apresenta o **promeristema** protegido pelos primórdios foliares, conforme se observa na Figura 2.2A. O promeristema das angiospermas

é organizado em duas regiões: a **túnica** e o **corpo** (Figura 2.2B). A **túnica** pode ter uma ou mais camadas de células mais externas, que se dividem em planos perpendiculares à superfície. O **corpo** localiza-se abaixo da túnica e as divisões celulares ocorrem em todos os planos. As células da túnica contribuem para a formação da parte superficial do caule e as células produzidas pelo corpo são adicionadas ao centro do eixo. A camada mais externa da túnica desenvolve-se na **protoderme**, que originará a epiderme. As células periféricas do corpo ou zona periférica originam o **procâmbio**, precursor dos tecidos vasculares, e o **meristema fundamental**, responsável pela formação dos tecidos do córtex e da medula do caule (Figura 2.2B).

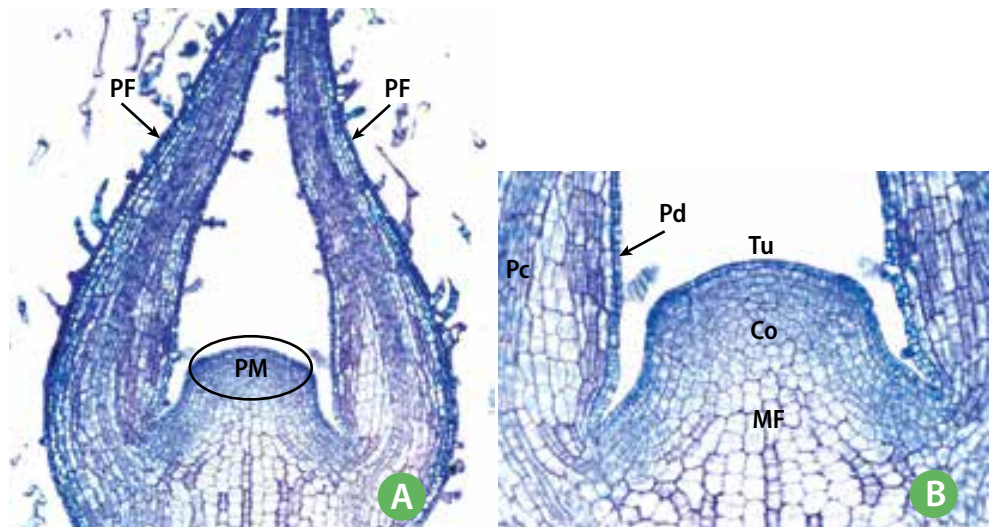


Figura 2.2 – Meristema apical caulinar. A = Promeristema (PM) protegido pelos primórdios foliares (PF). B = Detalhe mostrando a organização do promeristema em túnica (Tu) e corpo (Co). Observam-se ainda a Protoderme (Pd), Meristema fundamental (MF), Procâmbio (Pc).

### Gemas Axilares

Podem ser encontradas na axila das folhas, na região do nó. À medida que o meristema apical cresce e vai formando novas folhas, uma região de células meristemáticas é deixada para trás na axila da folha, normalmente dormente, inibidas pelo hormônio auxina, produzido pelo meristema apical. Se o meristema for removido a gema axilar poderá tornar-se ativa (não sofrendo mais inibição pela auxina). Assim como o meristema apical, as gemas axilares poderão desenvolver ramos ou flores.

O ápice caulinar, ou gema apical, além de contribuir com o crescimento em altura do vegetal, origina também as folhas e as gemas axilares. As folhas têm origem exógena, ou seja, são originadas a partir de divisões das camadas periféricas do meristema apical. Inicialmente, observam-se algumas projeções, denominadas **primórdios foliares**; com novas divisões, seguidas de expansão e diferenciação celular, ocorre o gradativo desenvolvimento dos primórdios em folhas jovens. As gemas axilares podem ser vegetativas, quando desenvolvem ramos caulinares, ou florais, quando desenvolvem uma flor ou uma inflorescência.

### 2.2.2 Ápice Radicular

O ápice radicular, conforme se vê na Figura 2.3, é geralmente mais simples do que o ápice caulinar, pois não há formação de folhas nem de gemas axilares. Protegendo o meristema apical das raízes, ocorre frequentemente a coifa ou caliptra. A coifa é de natureza geralmente parenquimática e origina-se normalmente de um meristema situado abaixo do ápice, chamado **caliptrogênio**. A organização dos meristemas primários no ápice radicular é semelhante ao ápice caulinar: ocorre a protoderme, localizada

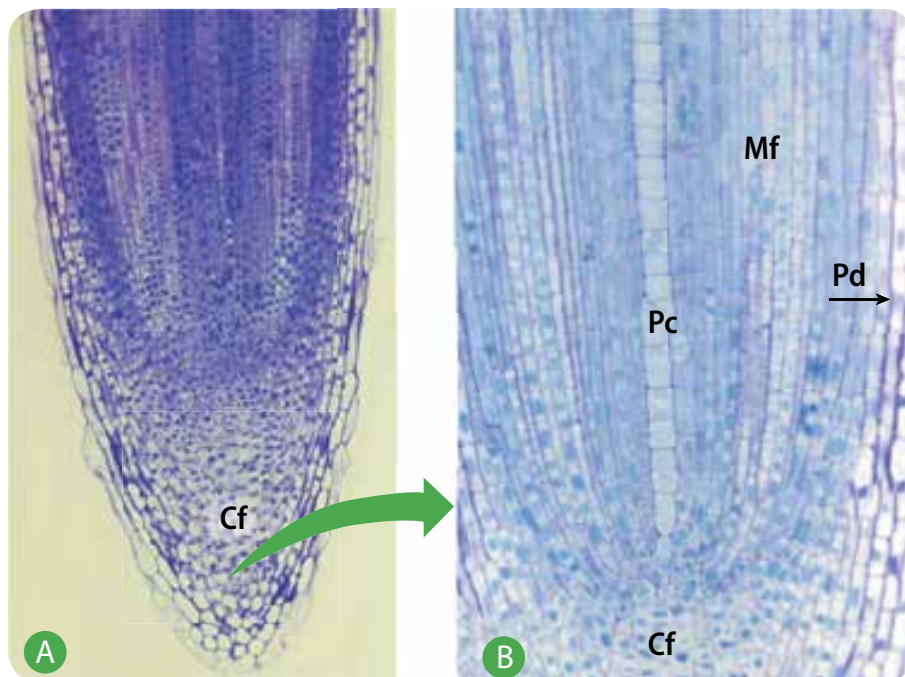


Figura 2.3 – Meristema apical radicular. A = Coifa (Cf); B = Protoderme (Pd) (seta), Meristema fundamental (Mf), Procâmbio (Pc).



externamente, a qual é precursora da epiderme; o meristema fundamental, de localização intermediária, o qual origina o córtex; e, por final, o procâmbio, de localização central, que origina o cilindro vascular, constituindo a estrutura primária da raiz.

## 2.3 Meristemas Intercalares

Os meristemas intercalares localizam-se na base dos entrenós do caule reprodutivo (escapo floral) e na base das folhas de várias espécies de monocotiledôneas. Sua função é fazer o alongamento do entrenó, nos caules reprodutivos, e, nas folhas, permitir seu crescimento constante durante toda a vida.

## 2.4 Meristemas Laterais

Os meristemas laterais surgem lateralmente em relação ao eixo da raiz e do caule, em regiões que já passaram pelo crescimento primário. Eles são responsáveis pelo crescimento secundário ou crescimento em espessura da planta. Ocorrem nas espermatófitas (plantas com semente), com exceção das monocotiledôneas. Os dois tipos de meristemas laterais são o **câmbio vascular** e o **felogênio**.

### Meristemas Secundários

Na figura 2.4, observa-se um tronco de uma árvore em secção transversal. Nele localizamos o câmbio vascular, entre floema e xilema (alburno = xilema funcional e cerne = xilema não funcional), e, externamente, a periderme, originada do felogênio.

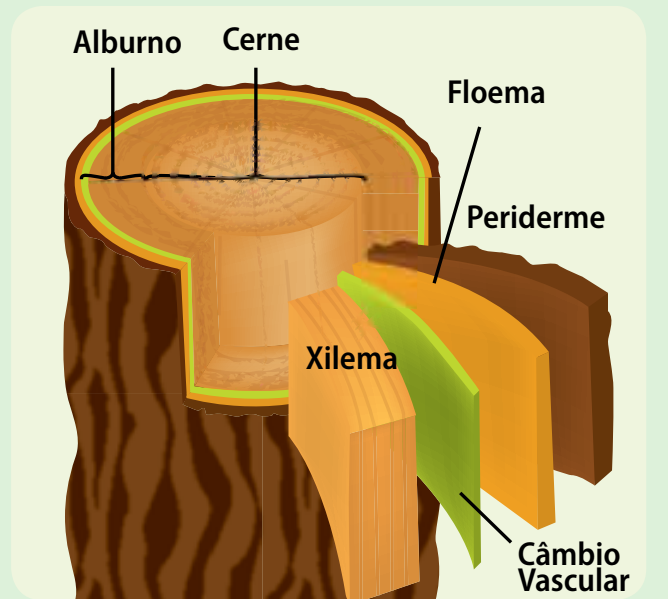


Figura 2.4 – Estrutura geral do caule mostrando a localização dos meristemas secundários.

### 2.4.1 Câmbio Vascular

O câmbio vascular surge no cilindro vascular primário do caule e das raízes. O câmbio tem origem mista: parte origina-se de células **procambiais**, que permanecem indivisas entre xilema e floema primário; e parte origina-se de células do **periciclo**, ou ainda de células parenquimáticas que retornam à atividade meristemática.

O câmbio vascular apresenta dois tipos de células iniciais, as **fusiformes** e as **radiais** (Figura 2.5). As primeiras têm formato alongado, acompanhando o maior eixo do órgão, e extremidades afiladas, e as radiais têm formato alongado no sentido radial. As iniciais fusiformes e suas derivadas originam o sistema axial, e as iniciais radiais e suas derivadas constituem os sistema radial. Tais sistemas serão estudados com maior detalhamento no Capítulo 5.

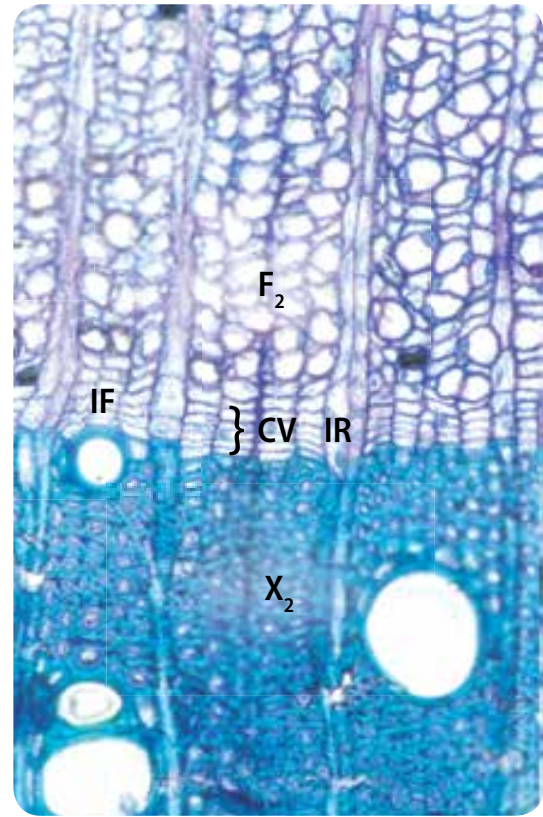


Figura 2.5 – Secção transversal de um caule de espécie de eudicotiledônea em crescimento secundário. Observa-se o câmbio Vascular (CV) com células iniciais fusiformes (IF) e células iniciais radiais (IR), as quais formam o Floema secundário ( $F_2$ ) para fora e o xilema secundário ( $X_2$ ) para dentro.

### 2.4.2 Felogênio

O felogênio é um meristema lateral que forma a periderme (Figura 2.6), a qual substitui a epiderme nos caules e raízes com crescimento secundário. O felogênio, nas raízes, pode se originar do periciclo, e nos caules, se origina de camadas subepidérmicas, de outras camadas mais internas do córtex, ou ainda, de células parenquimáticas do floema. O felogênio apresenta um só tipo de célula inicial. Em secção transversal, as células do felogênio e suas derivadas aparecem como uma faixa estratificada mais ou menos contínua na circunferência do órgão, como se observa na Figura 2.6. O felogênio produz para fora o súber (felema) e para dentro a feloderme. Esses tecidos serão tratados em detalhes no Capítulo 3.

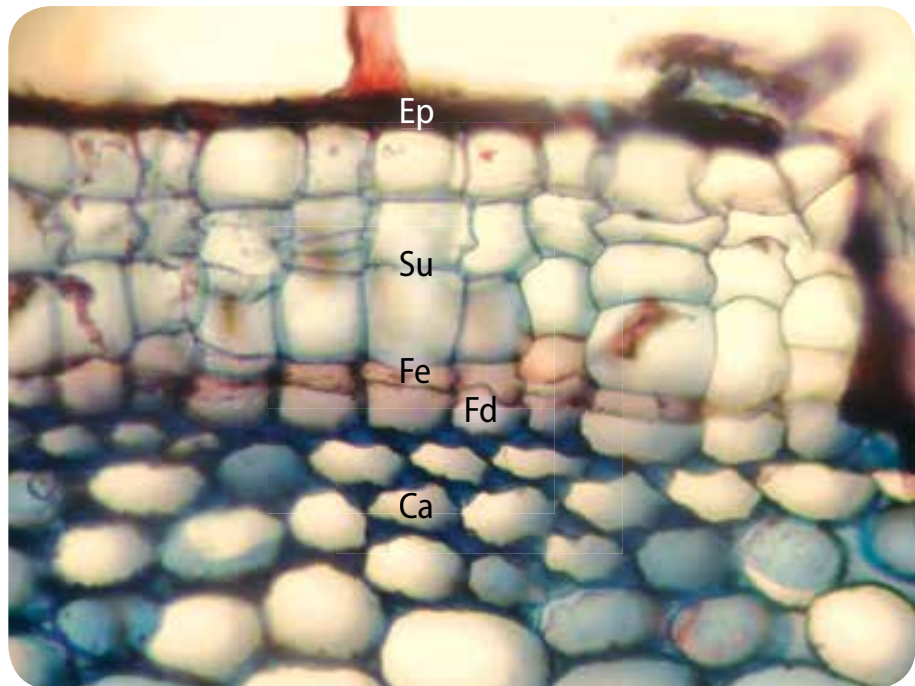


Figura 2.6 – Secção transversal do caule de boldo rasteiro mostrando a periderme constituída de felogênio (Fe), súber ou felema (Su) para fora e feloderme (Fd) para dentro. Observam-se ainda a camada de epiderme (Ep) que será eliminada e células de colênquima angular (Ca).

## Resumo

Os tecidos meristemáticos são responsáveis pelo crescimento da planta. Eles podem ser classificados de acordo com a localização no corpo da planta em apicais, intercalares e laterais ou, de acordo com o tempo de surgimento, em primários e secundários. Os meristemas apicais estão localizados nos ápices caulinares e radiculares, sendo responsáveis pelo crescimento em extensão da planta. Neles são formados os meristemas primários: protoderme, procâmbio e meristema fundamental, os quais vão formar o corpo primário da planta. Os meristemas laterais se localizam lateralmente no corpo da planta, em regiões que já tiveram o desenvolvimento primário, sendo eles, o câmbio vascular e o felogênio, os quais são responsáveis pelo crescimento em espessura dos órgãos, principalmente na raiz e no caule.

## Referências

APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M. (Ed.). *Anatomia Vegetal*. Viçosa: Editora Folha de Viçosa Ltda., 2003. 438p.

ESAU, K. *Anatomia das Plantas com Sementes*. São Paulo: EPU-EDUSP, 1974. 293p.

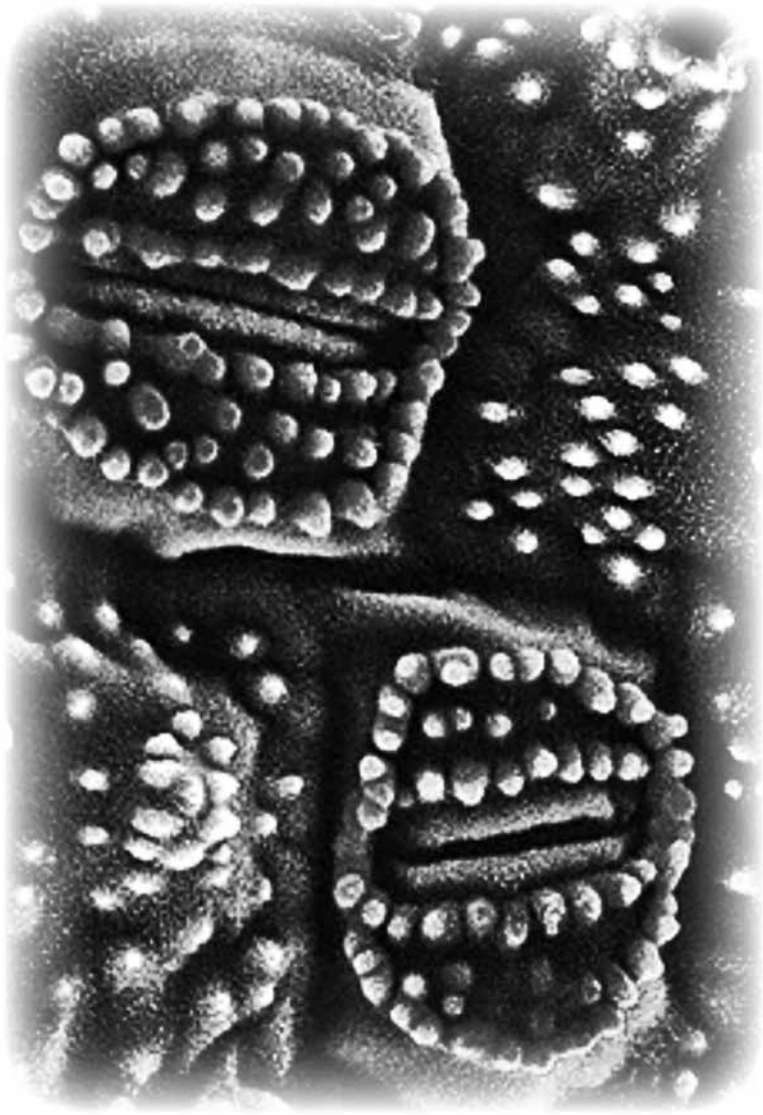
FAHN, A. *Anatomia Vegetal*. Madrid: H. Blume Ediciones, 1978. 643p.

MAUSETH, J.D. *Plant Anatomy*. California: The Benjamin/Cummings Publ. Co., 1988. 458p.

SOUZA, L.A. de. *Morfologia e Anatomia Vegetal: célula, tecidos, órgãos e plântula*. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2003. 259p.



# CAPÍTULO 3



## Sistema de Revestimento

*Os tecidos de revestimento protegem as plantas de diferentes maneiras, representando, muitas vezes, adaptações a determinados ambientes em que as plantas vivem. Neste capítulo, você vai conhecer as características desses tecidos. Você também aprenderá que existem células comuns e células especializadas, que desempenham funções específicas e são importantes para a manutenção do vegetal como um todo.*





### 3.1 Epiderme

A epiderme (*epi* = sobre; *derme* = pele) se origina a partir da **protoderme**, formando um tecido unisseriado com uma única camada de células, geralmente. Em determinadas plantas, porém, a epiderme pode apresentar várias camadas, sendo denominada de **epiderme múltipla**, como ocorre em folha de *Ficus elastica* (Figura 3.1).

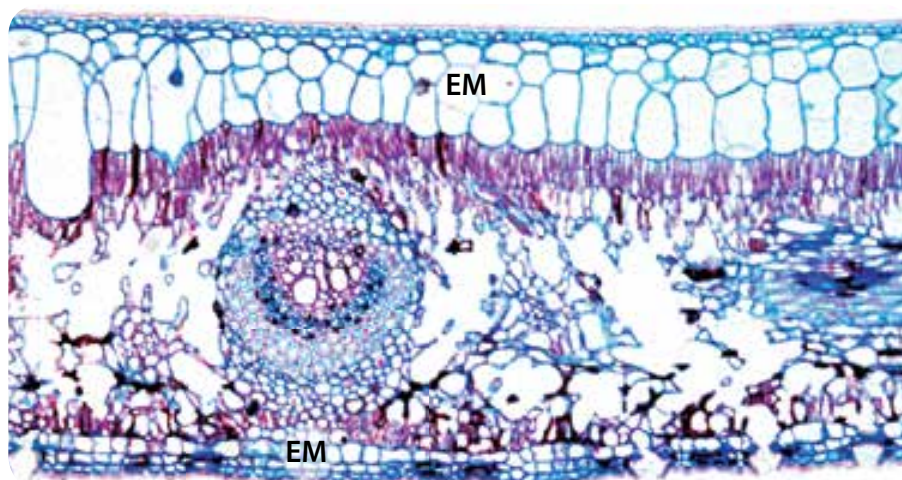


Figura 3.1 – Folha de *Ficus elastica*, onde se observam, em ambas as faces, epiderme múltipla (EM).

**Ontogênese** :  
Ontogênese é todo o :  
período de desenvolvimento :  
de um organismo, desde :  
a fertilização do zigoto até :  
que ele se complete como :  
indivíduo adulto. :

Em alguns casos, logo abaixo da epiderme podem ocorrer uma ou mais camadas de células que podem ser interpretadas como epiderme múltipla, entretanto, tais camadas podem ser denominadas **hipoderme**. A diferenciação entre hipoderme e epiderme múltipla deve ser feita através da **ontogênese** desses tecidos. A epiderme múltipla se origina da protoderme, e a hipoderme, do meristema fundamental.

### Velame

O **velame** que ocorre nas raízes de certas orquídeas epífitas também é um exemplo de epiderme múltipla. Sua função é, além de absorver água, também ser um isolante térmico, pois nessas espécies epífitas, as raízes podem estar sujeitas à altas temperaturas (Figura 3.2).

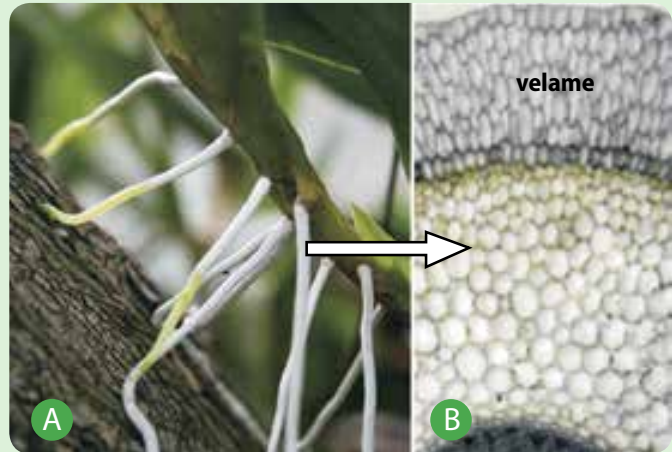


Figura 3.2 - Raízes de espécie de orquídea.

A epiderme é um tecido que pode apresentar vários tipos de células as quais exercem diferentes funções. A maior parte da epiderme está constituída de células comuns ou ordinárias, de formato variado (tabular, cúbico, paliçádico, isodiamétrico). Entre essas células, existem células com funções específicas, como as células-guarda dos estômatos (Figuras 3.3 A-F), as células buliformes (Figura 3.4A), os litocistos (Figura 3.4B), células papilosas (Figura 3.4C), células suberosas e células silicosas.

As paredes das células epidérmicas apresentam cutina. A cutina é uma substância graxa complexa, impermeável à água, que pode ser encontrada dentro da parede – processo denominado **cutinização** –, ou estar depositada sobre a parede externa, formando a cutícula – processo denominado **cuticularização**. Pode, ainda, apresentar ceras na forma de estrias epicuticulares como ornamentações (Figuras 3.5 A-B). As ceras também podem ser depositadas em formas específicas, que podem ser alteradas por variações ambientais. A cutícula, de modo geral, protege o vegetal contra a perda excessiva de água, formando uma camada impermeabilizante.

As células epidérmicas comuns são vivas e vacuoladas, podendo conter vários tipos de substâncias, como taninos, mucilagem, cristais e pigmentos. Cloroplastos podem ser encontrados na epiderme de órgãos aéreos, em plantas aquáticas ou terrestres de ambientes sombreados. Elas se comunicam via campos de pontuação primários, localizados nas paredes periclinais internas e anticlinais. A lignina pode ocorrer nas células epidérmicas de muitas espécies de plantas típicas de ambiente xérico, como as **halófitas**.

- **Halófitas**
- Halófitas são plantas capazes
- de tolerar altos teores
- de sais no substrato, que
- frequentemente habitam
- áreas costeiras e/ou desérticas

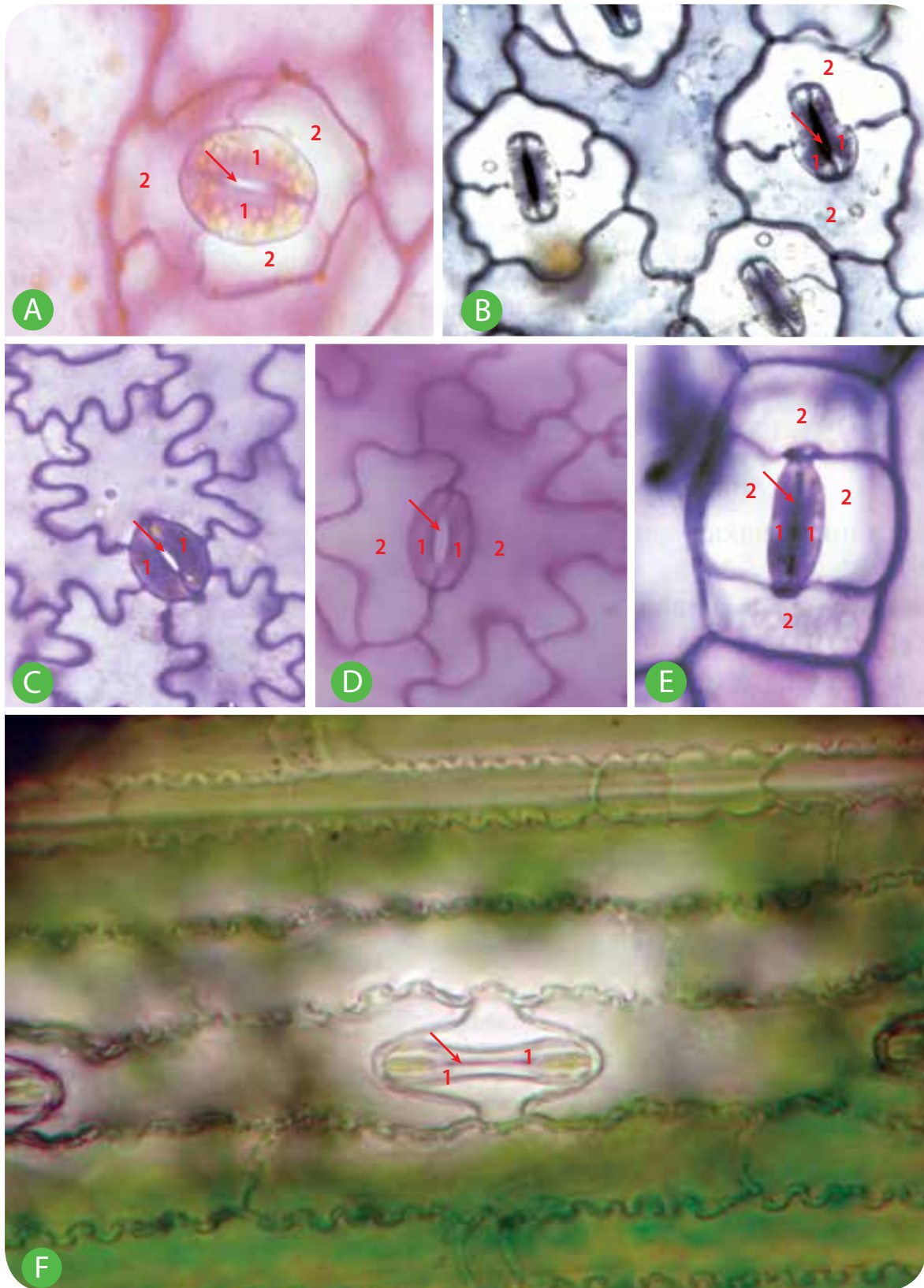


Figura 3.3 – Secções paradérmicas de folhas de espécies vegetais mostrando tipos de estômatos. A = Anisocítico. B = Diacítico. C = Anomocítico. D = Paracítico. E = Tetracítico e F = gramíneo. Célula-guarda (1); Célula subsidiária (2); Poro estomático (seta).

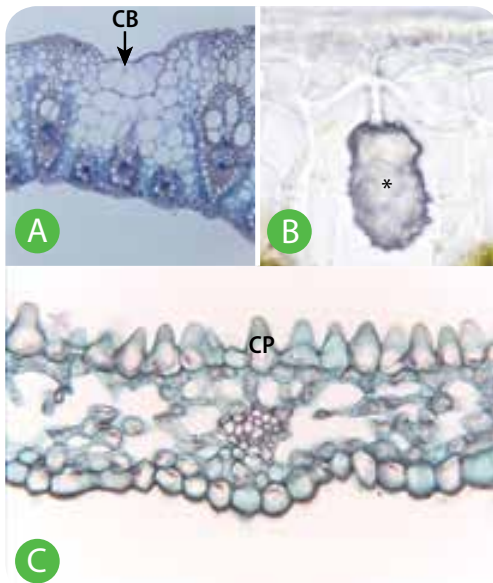


Figura 3.4 – Secções transversais de folhas mostrando células epidérmicas especializadas. A = Células buliformes (CB); B = Litocistos (\*); C = Células papilosas (CP).

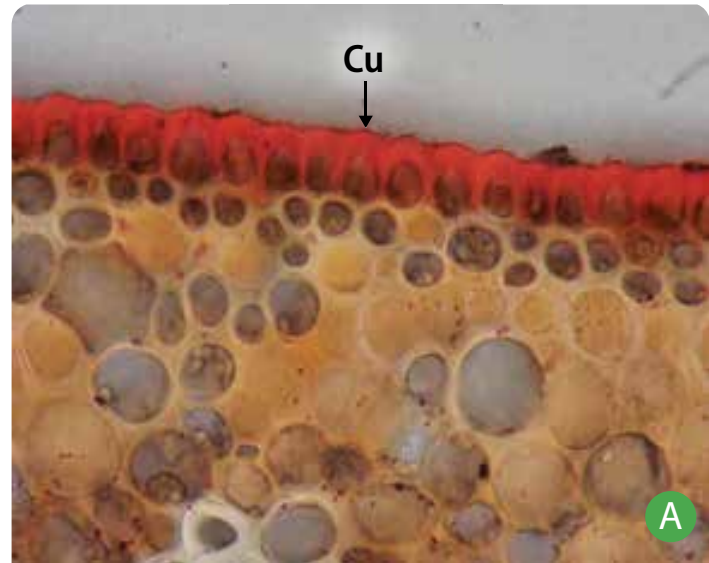
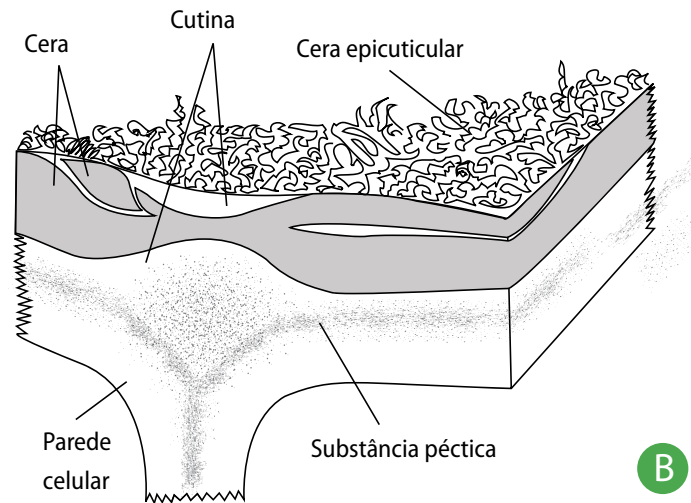


Figura 3.5 – Células epidérmicas cuticularizadas. A = Células epidérmicas, em secção transversal, evidenciando a cutícula (Cu) em reação com Sudan III; B = Detalhe esquemático mostrando a deposição de cutina, cera e cera epicuticular sobre a parede celular entre duas células epidérmicas.



### 3.1.1 Complexo Estomático

Os complexos estomáticos são estruturas epidérmicas responsáveis pelas trocas gasosas e de vapor de água entre a planta e o meio. Ocorrem principalmente nas folhas, mas também em caules jovens, peças florais e frutos verdes. São constituídos pelas **células anexas** ou **subsidiárias**, pelas **células-guarda** ou **oclusoras**, pelo **poro estomático** (Figura 3.6A) e pela **câmara subestomática** (Figura 3.6B).

As células anexas ou subsidiárias circundam total ou parcialmente o estômato e são normalmente diferentes das demais células da epiderme (Figura 3.6A). As células-guarda ou oclusoras, que constituem o estômato, são reniformes e se apresentam sempre em número de dois, (Figura 3.6A) com exceção das de

espécies de monocotiledôneas das famílias Poaceae e Cyperaceae, que apresentam forma de halteres (Figura 3.3F). As células-guarda são as únicas células epidérmicas que contêm cloroplastos. Elas limitam o poro estomático ou **ostíolo** (Figura 3.6), regulando sua abertura e/ou fechamento. Abaixo do ostíolo, está a câmara subestomática, que é melhor observada em secção transversal do órgão, como na Figura 3.6B. Tal câmara é responsável por armazenar os gases. As paredes das células-guarda são desigualmente espessadas, sendo mais espessadas na região do ostíolo e mais delgadas no restante (Figura 3.6B).

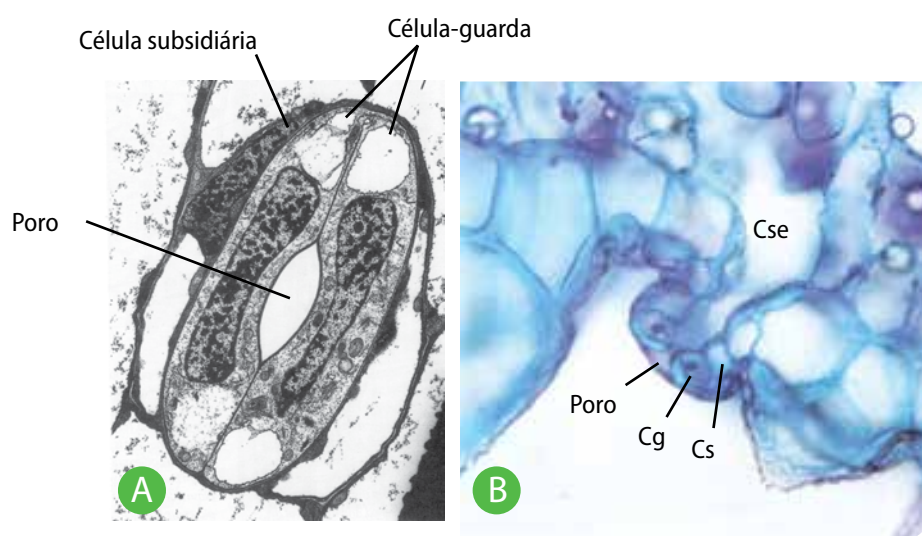


Figura 3.6 – Complexo estomático. A = Eletromicrografia de um estômato mostrando células-guarda, células subsidiárias e poro; B = Complexo estomático em secção transversal mostrando células-guarda (Cg), células subsidiárias (Cs), poro, ou ostíolo (Os) e câmara subestomática (CSe).

As folhas podem ser classificadas em: **epiestomáticas**, que são aquelas que apresentam estômatos apenas na face superior; **hipoestomática**, que apresentam estômatos apenas na face inferior; ou ainda **anfiestomática**, que apresentam estômatos em ambas as faces. O número de estômatos por milímetro quadrado pode variar muito, de apenas um até algumas centenas. Essa característica está possivelmente relacionada com o hábitat da espécie. Os estômatos normalmente se distribuem de forma aleatória sobre a superfície da folha. Entretanto, em espécies de monocotiledôneas, cuja nervação é paralelinérvea, os estômatos se distribuem em faixas paralelas. As células estomáticas podem encontrar-se no mesmo

nível das demais células epidérmicas, podem estar mais elevadas e mesmo em depressões. Em algumas espécies, essas depressões são denominadas **criptas estomáticas** (Figura 3.6).

### Criptas Estomáticas

Estômatos em criptas - A espécie ornamental *Nerium oleander* apresenta várias criptas estomáticas na epiderme da superfície inferior da folha. As criptas contêm os estômatos e numerosos tricomas unicelulares tectores. As criptas com tricomas diminuem a evaporação, favorecendo a abertura estomática mesmo em temperaturas elevadas.

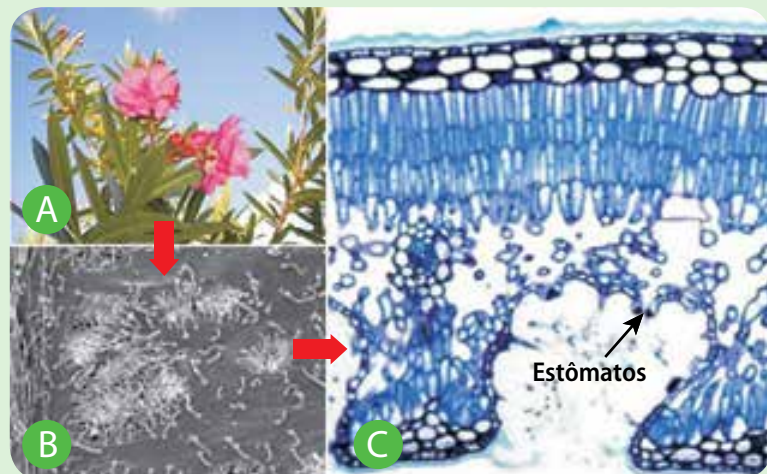


Figura 3.7 – *Nerium oleander*. A = Hábito geral; B = Eletromicrografia eletrônica de varredura da superfície foliar. Observam-se as criptas com tricomas; C = Secção transversal da lâmina foliar evidenciando as criptas estomáticas com tricomas simples unisseriados.

O complexo estomático pode ser classificado de várias formas. Dentre elas destaca-se a classificação usada para espécies de eudicotiledôneas, baseada na disposição e no número das células anexas:

- a) **Complexo estomático anisocítico:** estômato circundado por três células anexas, de tamanhos diferentes. Comum nas famílias Brassicaceae, Solanaceae, Begoniaceae e Crassulaceae (Figura 3.3A).
- b) **Complexo estomático diacítico:** estômato com duas células anexas posicionadas de modo que seu maior eixo forme um ângulo reto com o poro estomático. Comum nas famílias Acanthaceae, Amaranthaceae e Caryophyllaceae, entre outras (Figura 3.3B).

- c) **Complexo estomático anomocítico:** estômato envolvido por número variável de células anexas que não se diferem em formato e tamanho das demais células epidérmicas. Esse tipo é encontrado em várias famílias Ranunculaceae, Geraniaceae, Cappariaceae, Cucurbitaceae e Malvaceae, entre outras (Figura 3.3C).
- d) **Complexo estômato paracítico:** estômato com duas células anexas dispostas paralelamente ao maior eixo do estômato. Encontrado principalmente nas famílias Rubiaceae, Magnoliaceae, Convolvulaceae e Mimosaceae (Figura 3.3D).
- e) **Complexo estomático tetracítico:** estômato envolvido por quatro células anexas, duas delas paralelas às células-guarda e as demais localizadas nos polos. É comum em famílias de monocotiledôneas (Figura 3.3E).

### 3.1.2 Tricomas

Os tricomas ocorrem na epiderme das plantas. Apresentam formato, número e funções variáveis, podendo ser classificados em tectores ou não glandulares e glandulares, conforme se observa na Figura 3.8.

- a) **Tricomas tectores ou não glandulares (Figuras 3.8A-D):** são os pelos de cobertura. Podem ser uni ou pluricelulares, simples ou ramificados, e têm o ápice afilado, arredondado ou bifurcado. Apresentam tamanho variável, com paredes delgadas ou espessadas, lignificadas ou não. Evitam a perda excessiva de água e a ação de pequenos predadores.
- b) **Tricomas glandulares (Figuras 3.8E-G):** são pelos que têm, frequentemente, uma base ou ápice secretor; podem ser uni ou pluricelulares, de formato variável. Estão envolvidos com a secreção de várias substâncias, como óleos, néctares, sais, resinas, mucilagens e água.
- c) **Escamas ou pelos peltados (Figuras 3.8H-I):** são pelos pluricelulares com um curto pedúnculo, do qual se irradiam células, que podem ser alongadas e de paredes espessadas. É comum nas espécies da família Bromeliaceae.

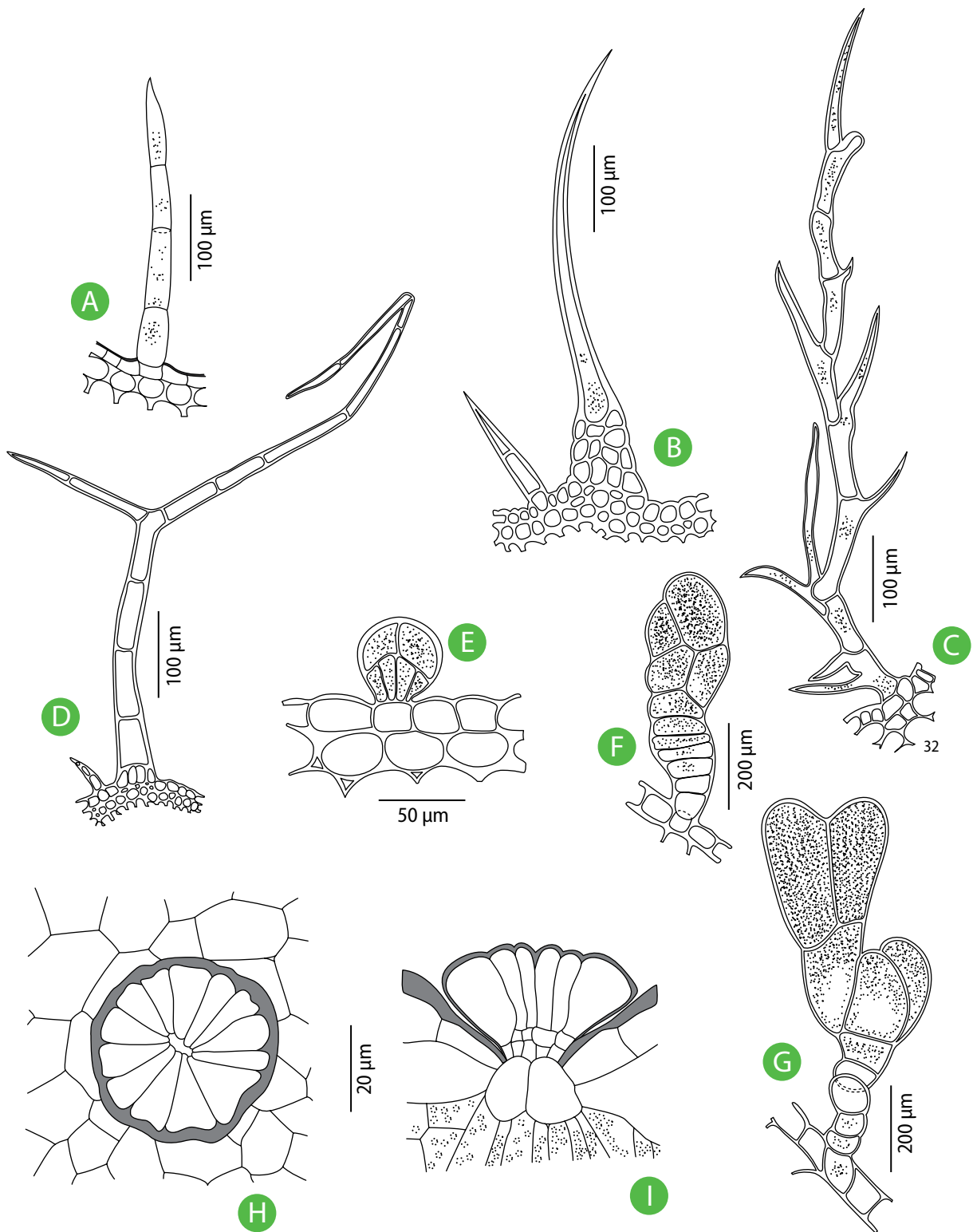


Figura 3.8 – Representação esquemática dos vários tipos de tricomas. A-B = Tricomas toctores pluricelulares do caule de *Cucurbita pepo* (abóbora) e *Lippia alba* (erva-cidreira-brasileira); C-D = Tricomas toctores plurisseriados ramificados do fruto de *Tabebuia alba* (ipê-amarelo) e do caule de *Mentha pipemia* (menta); E = Tricoma glandular pluricelular do caule de *Cucurbita pepo*; F-G = Tricomas glandulares do fruto de *Acacia paniculata* (arranha-gato); H-I = Tricomas peltados de *Tabebuia avellaneda* (ipê-roxo).



### 3.2 Periderme

Nas plantas que apresentam crescimento em espessura ou crescimento secundário, como as eudicotiledôneas, o tecido de revestimento primário, ou seja, a epiderme, é substituído pela periderme, que é o tecido de revestimento secundário. Geralmente, a periderme surge em caules e raízes através da instalação do felogênio, cuja atividade meristemática origina dois produtos de tecidos, o súber, externamente, e a feloderme, internamente (Figuras 3.9A-C). Em virtude da origem do felogênio, a periderme pode ser mais superficial, como ocorre nos caules, ou mais profunda, como nas raízes.

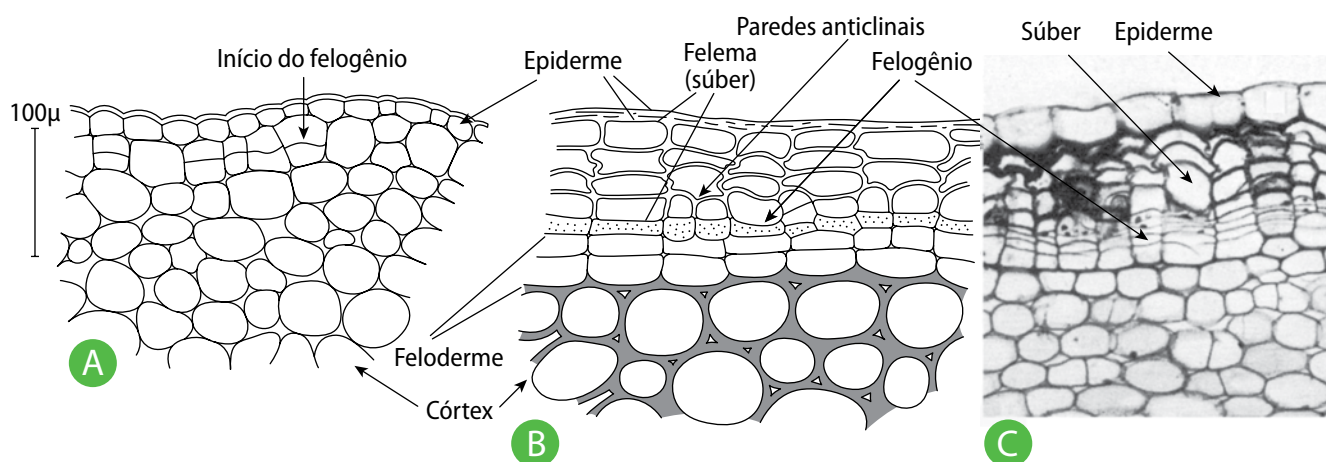


Figura 3.9 – Desenho esquemático da periderme. A = Início da instalação do felogênio a partir de células subepidérmicas; B = Atividade do felogênio formando súber para fora e feloderme para dentro; C = Seção transversal da periderme.

O súber, também chamado de felema ou cortiça, é um tecido compacto, sem espaços intercelulares e formado por células retangulares (em vista transversal) mortas e com paredes impregnadas por suberina. Esse tecido é formado em maior quantidade na periderme e, em decorrência de sua origem secundária, apresenta-se como um tecido de células enfileiradas. Suas paredes suberizadas protegem a planta contra a perda excessiva de água (Figura 3.10). Além de apresentar qualidade termoisolante, que protege a planta de mudanças bruscas e radicais de temperatura, ainda proporciona à planta proteção contra choques mecânicos, funcionando como um amortecedor contra eventuais pancadas.

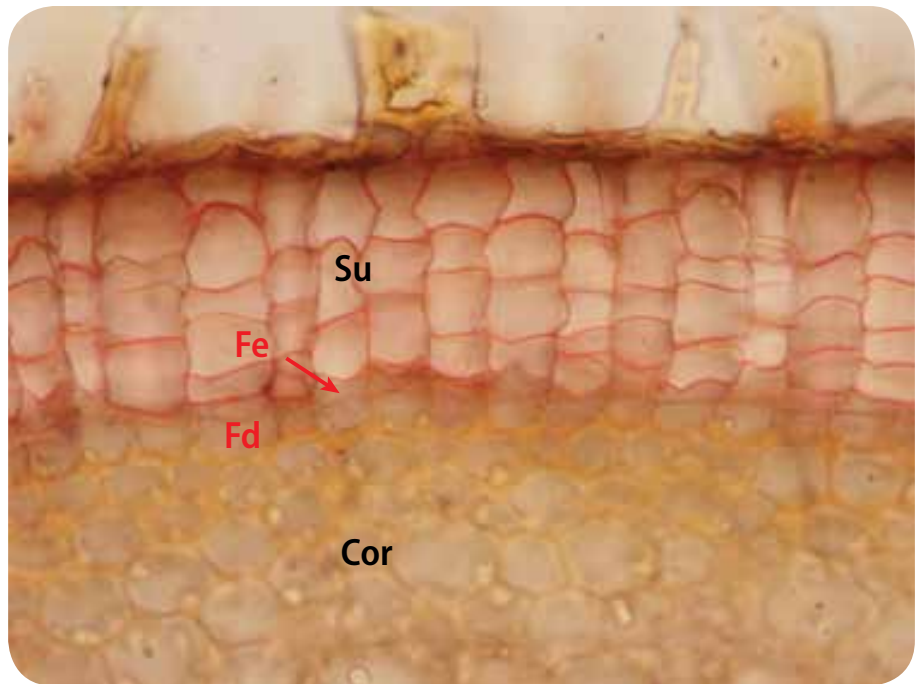


Figura 3.10 – Secção transversal do caule de boldo mostrando a periderme. Su = Súber; Fe = Felogênio; Fd = Feloderme; Cor = córtex.

A feloderme é constituída de poucas camadas celulares vivas, de natureza parenquimática ou colenquimática. São semelhantes às células corticais, podendo armazenar amido.

## Resumo

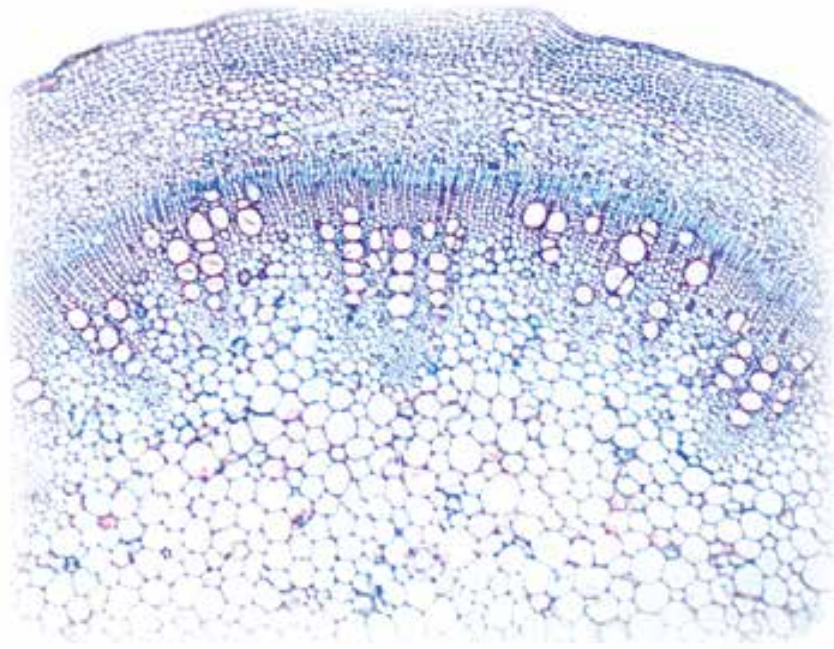
A epiderme se origina a partir da protoderme. Pode ser uni ou multisseriada. Em sua constituição, são reconhecidos dois tipos celulares, as células comuns e as especializadas. Dentre as especializadas, destacam-se as células-guarda dos estômatos, os tricomas, as células buliformes, os litocistos, as células papilosas, as células suberosas e as silicosas. Externamente às células epidérmicas ou

impregnadas dentro da parede celular destas, pode ser encontrada a cutina, composto que protege o vegetal contra a perda excessiva de água. O complexo estomático constituído pelas células anexas ou subsidiárias, pelas células-guarda ou oclusoras, pelo poro estomático, ou ostíolo, e pela câmara subestomática é responsável pelas trocas gasosas e de vapor de água entre a planta e o meio. Os tricomas são estruturas epidérmicas que apresentam formato, número e funções variáveis, podendo ser classificados em tectores ou não glandulares e glandulares. A periderme é o tecido de revestimento secundário e surge em órgãos que se desenvolvem em espessura, como caules e raízes de espécies de eudicotiledônea, através da instalação do felogênio, cuja atividade meristemática origina dois produtos de tecidos, o súber, externamente, e a feloderme, internamente.

## Referências

- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M. (Ed.). *Anatomia Vegetal*. Viçosa: Editora Folha de Viçosa Ltda., 2003. 438p.
- ESAU, K. *Anatomia das Plantas com Sementes*. São Paulo: EPU-EDUSP, 1974. 293p.
- FAHN, A. *Anatomia Vegetal*. Madrid: H. Blume Ediciones, 1978. 643p.
- MAUSETH, J.D. *Plant Anatomy*. California: The Benjamin/Cummings Publ. Co., 1988. 458p.
- SOUZA, L.A. de. *Morfologia e Anatomia Vegetal: célula, tecidos, órgãos e plântula*. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2003. 259p.

# CAPÍTULO 4



## Sistema Fundamental

*Neste capítulo, você vai conhecer os tecidos fundamentais, originados do meristema fundamental. São eles: parênquima, colênquima e esclerênquima. Os tecidos fundamentais estão presentes em todos os órgãos da planta e podem ter diversas funções como preenchimento, ou mesmo uma função muito especializada, como a de realizar a fotossíntese e o armazenamento.*



## 4.1. Parênquima

O parênquima tem origem no meristema fundamental, é um tecido vivo que ocorre em todo o corpo da planta, no córtex, – que se localiza entre a epiderme e o cilindro vascular – das raízes e dos caules, na medula, presente no caule e em raízes adventícias, no mesofilo das folhas – tecido que se localiza interiormente a epiderme, entremeado pelo sistema vascular (Figuras 4.1, 4.2 e 4.3).

Células parenquimáticas ocorrem também associadas aos tecidos vasculares, xilema e floema primários e secundários, que veremos adiante. Nesse caso, tais células são formadas pelo procâmbio e pelo câmbio vascular, respectivamente. Essas células compõem, juntamente com outros tipos celulares, o sistema vascular, e não o sistema fundamental.

As células parenquimáticas, normalmente, têm formato isodiamétrico, com várias faces, alongado, ou ainda outros formatos, como se pode observar na Figura 4.4. Apresentam paredes primárias delgadas, onde há campos de pontoação, e um vacúolo central amplo, que mantém o citoplasma periférico junto à parede (Figura 4.5). Posteriormente, no desenvolvimento da planta, essas células podem apresentar deposição da parede secundária e lignificação da parede celular, havendo uma transformação de uma célula parenquimática em uma célula esclerenquimática.

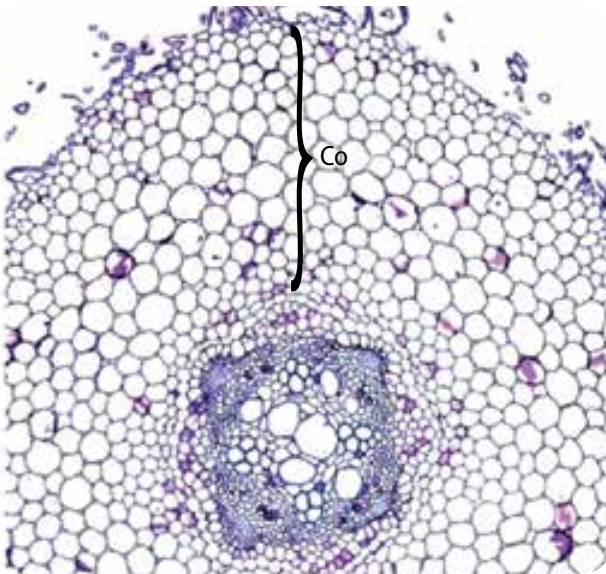


Figura 4.1 – Secção transversal de raiz de espécie de eudicotiledônea. Observa-se a região cortical (Co) constituída de células parenquimáticas.

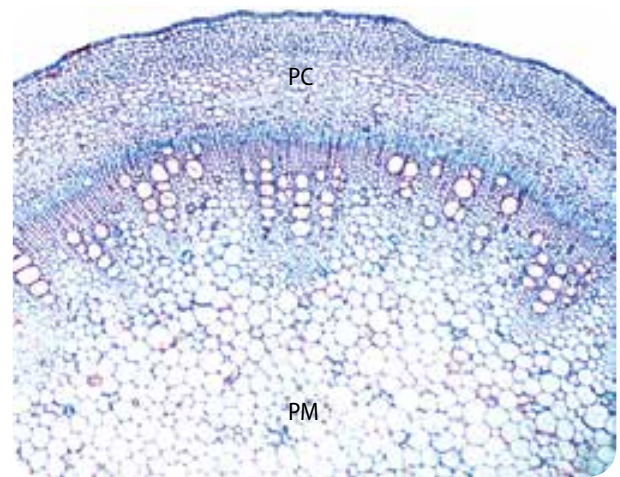


Figura 4.2 – Secção transversal do caule de espécie de eudicotiledônea. Observam-se a região cortical preenchida por parênquima cortical (Pc) e a região medular preenchida por parênquima medular (Pm).

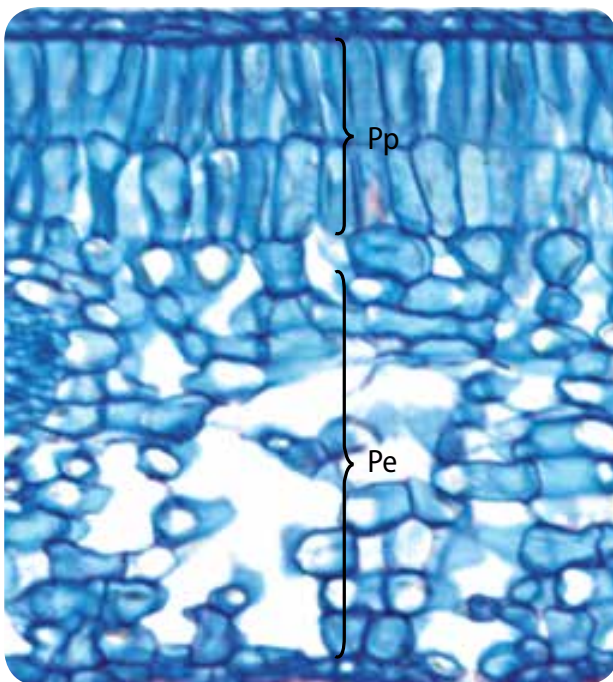


Figura 4.3 – Secção transversal da lâmina foliar de espécie de eudicotiledônea. Observa-se o mesofilo constituído pelos parênquimas paliçádico (Pp) e esponjoso (Pe).

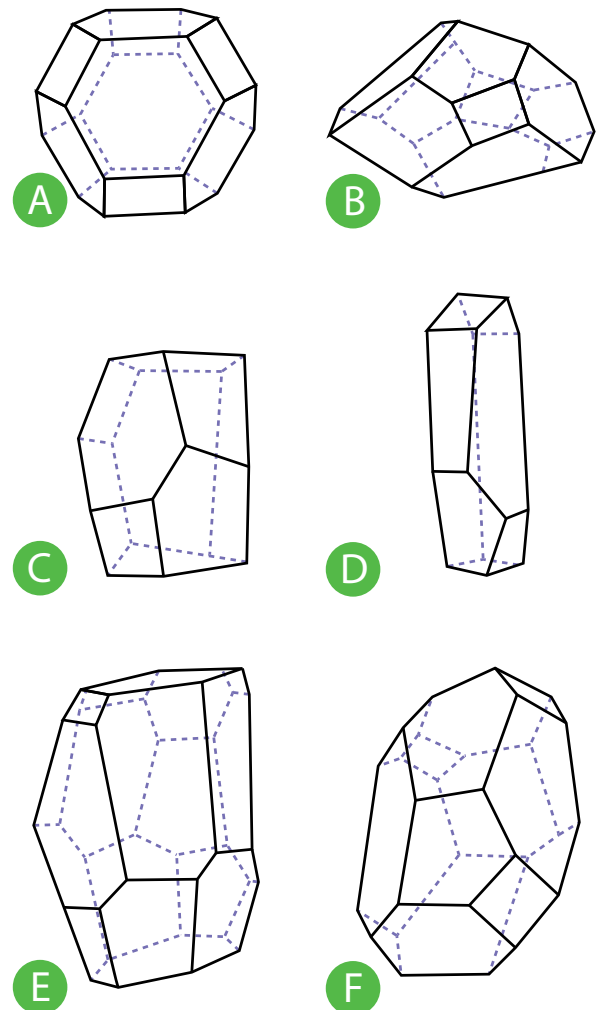


Figura 4.4 – Desenhos esquemáticos mostrando as várias formas de células parenquimáticas.



**Esquizógenos**

Espaços esquizógenos são espaços formados pela separação das células, através da dissolução da lamela mediana entre elas, durante o desenvolvimento do tecido.

### 4.1.1 Parênquima de Preenchimento

O parênquima de preenchimento, normalmente, é constituído por células poligonais (Figura 4.5), com espaços intercelulares **esquizógenos** pequenos. Esse tecido é encontrado no córtex e na medula das raízes e nos caules, denominado **parênquima cortical** e **parênquima medular**, respectivamente (Figuras 4.1 e 4.2). Ocorre, também, no pecíolo e na nervura principal das folhas. As células parenquimáticas podem apresentar plastídios e substâncias variadas em seus vacúolos, como compostos fenólicos (Figura 4.5, seta).

### 4.1.2 Parênquima Clorofiliano

As células do parênquima clorofiliano são ricas em cloroplastos, os quais são responsáveis pela captação de luz para o processo de fotossíntese. Esse tipo de tecido ocorre principalmente em folhas, formando o mesófilo, embora também possa estar presente em caules jovens e em raízes aéreas. É caracterizado por possuir paredes finas e vacúolo central grande, o que pressiona os cloroplastos para a periferia das células. Pode apresentar formatos variados e diferenciar-se em diversos tipos, de acordo com as funções:

- a) **Parênquima paliçádico (Figura 4.3):** as células do parênquima paliçádico são cilíndricas, alongadas e se posicionam com o seu maior eixo perpendicularmente à superfície do órgão, paralelamente ao espectro luminoso. Suas células são justapostas e possuem poucos espaços intercelulares. Recebem essa denominação por se assemelharem a uma “cerca”.
- b) **Parênquima esponjoso (Figura 4.3):** o parênquima esponjoso é caracterizado por possuir espaços intercelulares amplos. Suas células são de diferentes formatos, com projeções laterais que conectam umas às outras delimitando os espaços intercelulares.
- c) **Parênquima plicado (Figura 4.6):** o parênquima plicado contém células com reentrâncias na parede celular, conferindo-lhes aspecto pregueado. Ocorre em plantas com área foliar reduzida, como nas espécies de *Pinnus*, que para não diminuir a área celular, invaginam suas paredes para o interior da célula.

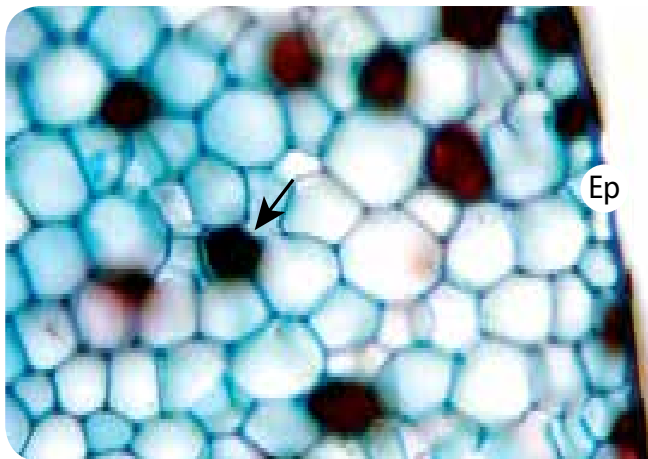


Figura 4.5 – Secção transversal do rizoma de espécie de monocotiledônea mostrando o parênquima de preenchimento da região cortical. Observam-se células hexagonais com paredes finas e ausência de espaços intercelulares. As células com cor escura (seta) são idioblastos secretores de substâncias fenólicas, as quais ficam armazenadas no vacúolo. Observa-se, também, a epiderme (Ep).

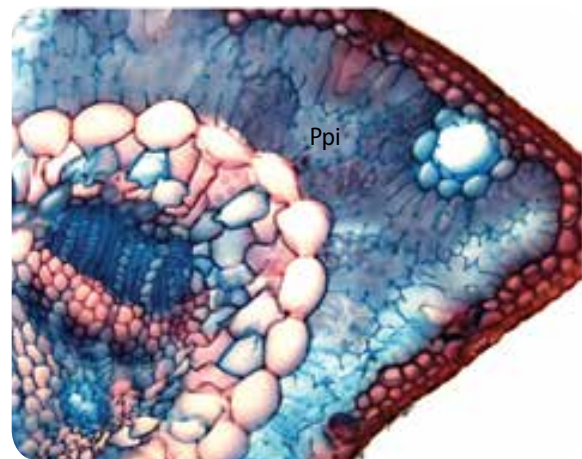


Figura 4.6 – Secção transversal da folha de *Pinus* sp. mostrando o parênquima plicado (Ppl), cujas células apresentam reentrâncias da parede celular, conferindo um aspecto pregueado à parede celular.

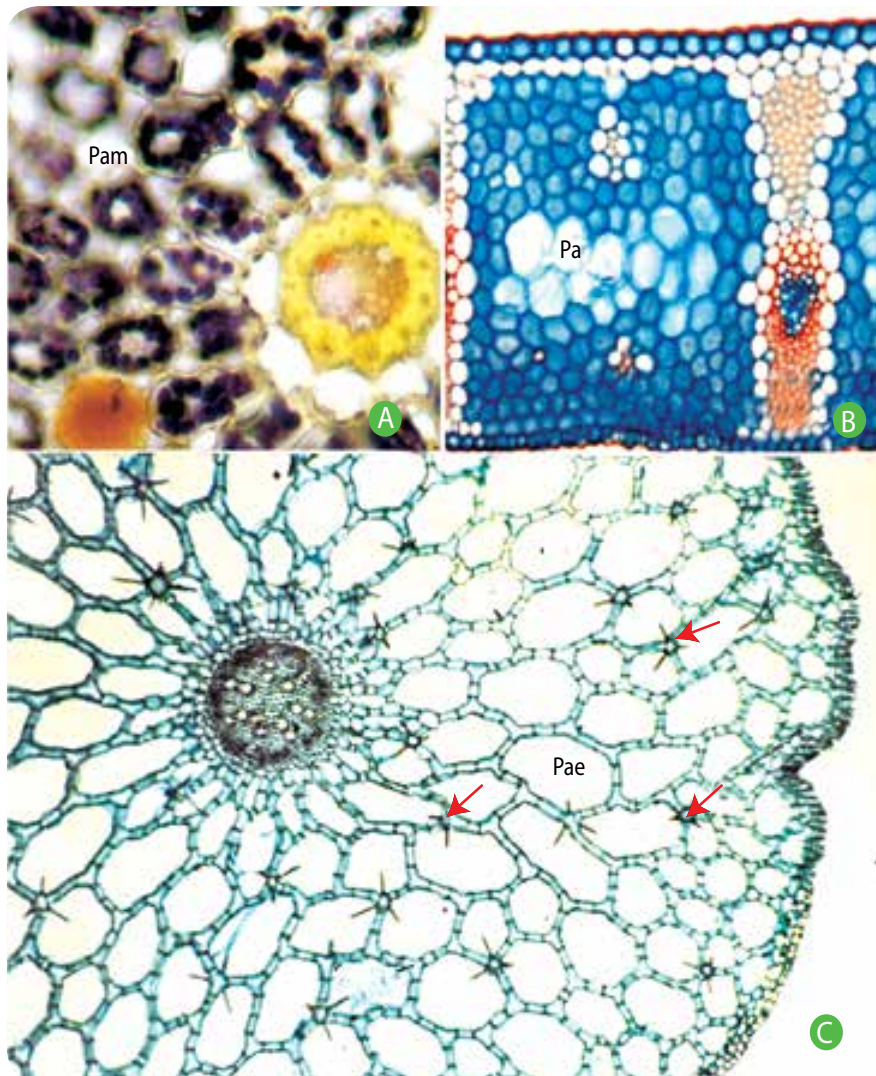


Figura 4.7 – Secção transversal de vários órgãos mostrando vários tipos de parênquima. A = Rizoma de espécie de monocotiledônea mostrando parênquima amilífero (PAm); B = Folha de espécie de monocotiledônea mostrando parênquima aquífero (PA); C = Raiz de espécie de eudicotiledônea mostrando parênquima aerênquima (PAe). As setas indicam os astrosclereídes.

### 4.1.3 Parênquima de Reserva

O parênquima de reserva pode armazenar diferentes substâncias provenientes do metabolismo celular. Tais substâncias podem ficar armazenadas nos plastídios ou no vacúolo dessas células, ou mesmo em espaços intercelulares.

#### Bombacaceae

Outro exemplo de parênquima aquífero é o que ocorre nas espécies da família Bombacaceae, conhecidas como “barrigudas”, as quais possuem parênquima aquífero no xilema secundário do caule.



Figura 4.8 – Hábito geral da “barriguda”. Espécies da família Bombacaceae, as quais armazenam água no caule, graças à presença de parênquima aquífero.

- a) **Parênquima amilífero (Figura 4.7A):** as células do parênquima amilífero contêm grãos de amido, resultado da reserva de amido acumulado em seus amiloplastos. Estão presentes em órgãos subterrâneos como rizomas e tubérculos, e raízes tuberosas. São importantes em ambientes sazonais onde ocorrem períodos adversos, funcionando como órgãos de reserva.
- b) **Parênquima aquífero (Figura 4.7B):** o parênquima aquífero é comum em plantas de ambientes secos, pois suas células acumulam água em seu interior. As células são amplas e a água é acumulada no interior do vacúolo, que ocupa grande parte da célula, sendo o citoplasma uma fina camada periférica. Os principais representantes são as plantas suculentas, como, por exemplo, algumas cactáceas que possuem parênquima aquífero no caule e espécies de bromeliáceas que possuem parênquima aquífero nas suas folhas.
- c) **Parênquima aerífero (Figura 4.7C):** a principal função desse tecido é armazenar ar. Pode ocorrer em raízes, caules e folhas, principalmente em plantas aquáticas ou em plantas que estão sujeitas a alagamentos sazonais. O ar é acumulado em espaços intercelulares ou em lacunas altamente especializadas, ou seja, fora da célula. Suas células são isodiamétricas ou braciiformes, e se conectam formando amplos espaços intercelulares. Em alguns casos mais especializados, essas lacunas podem estar interrompidas por diafragmas, que evitam o colapso desse espaço.

## 4.2 Colênquima

O colênquima tem origem no meristema fundamental, é um tecido vivo, com células alongadas de paredes primárias desigualmente espessadas (Figuras 4.9A-C e 4.10A), as quais podem retornar à atividade meristemática. Devido às suas características celulares, as quais conferem plasticidade a esse tecido, o colênquima está presente em órgãos ainda em crescimento primário, permitindo o alongamento, a flexibilidade e a sustentação principalmente quando ocorrem em espécies de regiões sujeitas às pressões externas, como ventos fortes.

O colênquima ocorre principalmente em regiões periféricas de caules jovens e pecíolos de folhas, formando um tecido contínuo ao redor do órgão (Figuras 4.9 A-B), ou pode estar agrupado em cordões (Figura 4.9C).

Podemos classificar o colênquima de acordo com o tipo de deposição da parede primária espessada em suas células, como demonstrado na Figura 4.10. Os principais tipos são:

- Colênquima lamelar (Figura 4.10B):** suas células mostram espessamento nas paredes tangenciais internas e externas.
- Colênquima angular (Figura 4.10C):** nesse tipo de tecido, as paredes mostram maior espessamento nos ângulos, onde há o encontro de três ou mais células. O espessamento da parede primária possui um aspecto triangular em corte transversal. É o tipo mais comum de colênquima.
- Colênquima anelar (Figura 4.10D):** nesse tipo de colênquima, o espessamento pode ocorrer em todas as paredes de forma regular.

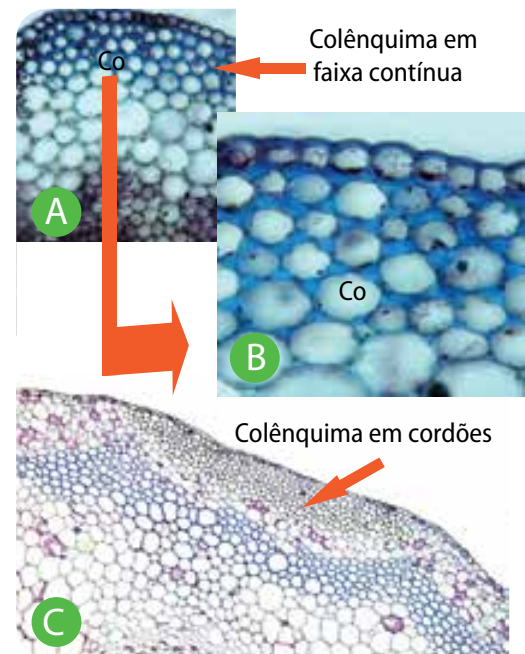


Figura 4.9 – Seções transversais de caules de espécies de eudicotiledônea. A = Observa-se o colênquima angular em faixa contínua na periferia do córtex; B = Detalhe da figura anterior, evidenciando a deposição de parede primária nos ângulos das células; C = Observa-se a ocorrência de colênquima em cordões na periferia do caule.

## 4.3 Esclerênquima

O esclerênquima é um tecido com células de paredes fortemente espessadas, com depósito de parede primária e secundária lignificada, sendo esse depósito regular por toda a célula

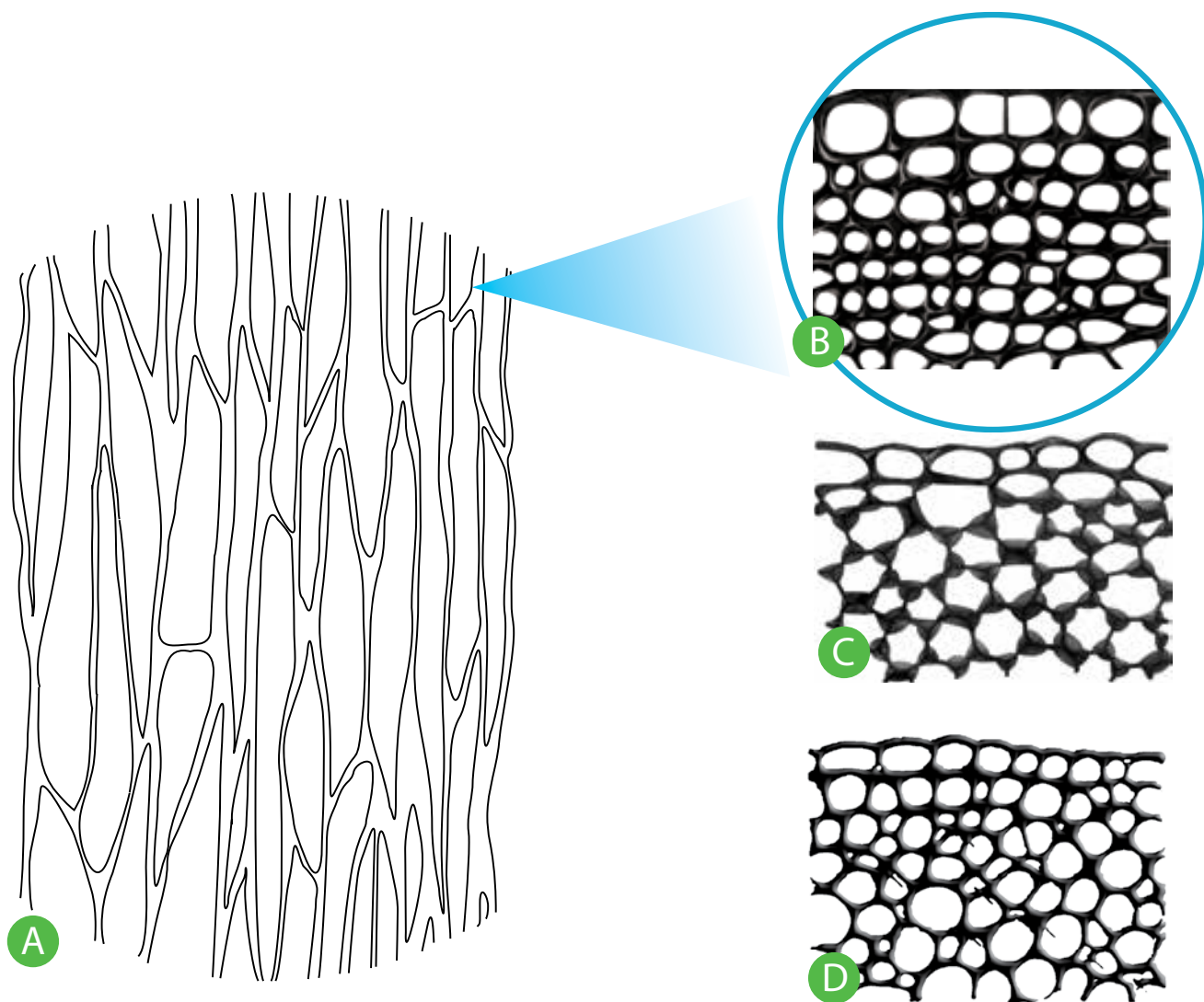


Figura 4.10 – Representação esquemática das células do colênquima. A = Vista longitudinal das células; B = Colênquima lamelar. As células mostram um espessamento nas paredes tangenciais internas e externas; C = Colênquima angular, cujos espessamentos ocorrem nos ângulos das células; D = Colênquima anelar, cujo espessamento ocorre de maneira uniforme em todas as paredes das células.

(Figuras 4.11A-D). Tem origem a partir do meristema fundamental quando estão presentes no corpo primário das plantas. Entretanto, quando estão associadas aos elementos vasculares do xilema e floema primário e/ou secundário, elas se originam do procâmbio ou do câmbio vascular, respectivamente, como veremos no Capítulo 5, que abordará o sistema vascular.

As células do esclerênquima são mortas na maturidade, formando um tecido rígido que confere resistência, sustentação e

proteção aos órgãos. Está presente em todos os órgãos, como: no parênquima cortical de raízes e caules que não têm crescimento secundário, formando uma faixa contínua ou cordões isolados; no parênquima medular; nas folhas, principalmente associado às nervuras e aos pecíolos, na testa de sementes ou pericarpos de frutos.

As células do esclerênquima são classificadas de acordo com a sua forma, sendo de dois tipos: as fibras e as esclereídes.

### 4.3.1 Esclereídes

As esclereídes possuem formas diversas (Figura 4.11A-D). Geralmente são curtas, e podem se apresentar isoladas ou formando grupos. Quando esse tecido possui muitas células, forma um tecido bastante rígido e resistente. As esclereídes possuem a parede secundária bem espessada, com pontuações simples, as quais, devido à espessura da parede, formam longos canais, simples ou ramificados (Figuras 4.11A).

As esclereídes são classificadas de acordo com sua forma:

- a) **Braquiesclereídes:** são células isodiamétricas curtas, com parede fortemente espessada, ocorrem geralmente isoladas ou em pequenos grupos. (Figura 4.11A).
- b) **Astroesclereídes:** são esclereídes em forma de estrela com longas projeções (Figura 4.7B-C).
- c) **Macroesclereídes:** são células alargadas com formatos prismáticos (Figura 4.11D), geralmente associadas aos osteoesclereídes.
- d) **Osteoesclereídes:** são células curtas, cujo lúmen tem forma de osso, como as que ocorrem nos envoltórios das sementes de leguminosas (Figura 4.11D).
- e) **Tricoesclereídes:** são células longas, com forma de um tricoma, como as que ocorrem em raízes de banana-de-macaco (*Monstera deliciosa*, Araceae).

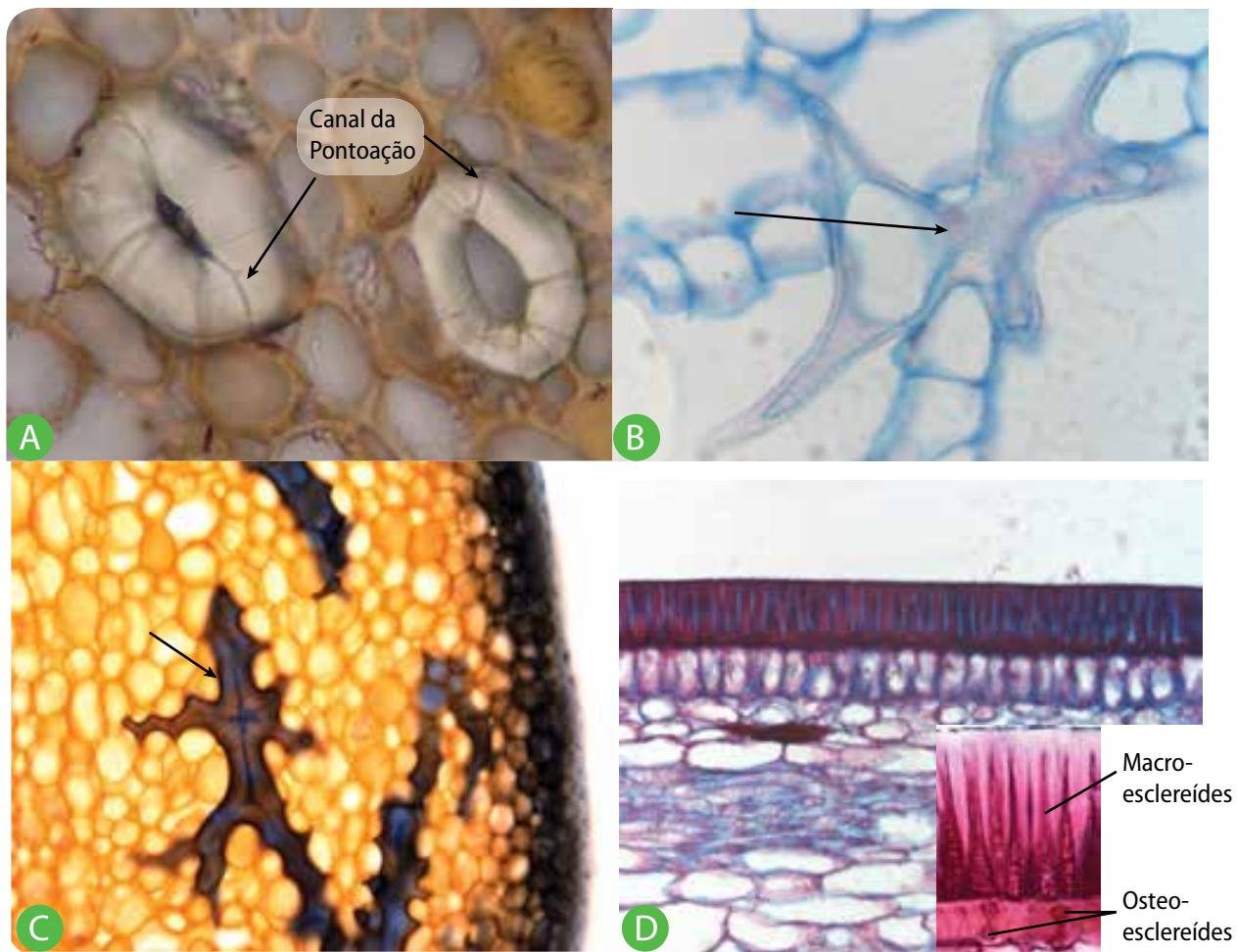


Figura 4.11 – Fotomicrografias mostrando vários tipos de esclereídes. A = Braquiesclereídes isolados no pecíolo de boldo. Observam-se as paredes espessadas e os canais das pontoações; B-C = Astroesclereídes; D = Macroesclereídes e osteoesclereídes na testa da semente de espécie de leguminosa.



Figura 4.12 – Fibra. Célula alongada, com extremidades afiladas e paredes secundárias espessadas.

### 4.3.2 Fibras

As fibras são células alongadas, que apresentam extremidades afiladas e paredes espessas (Figura 4.12). A parede secundária, na maioria das espécies, é lignificada e pode ocupar quase todo o lume da célula. As fibras podem apresentar pontoações diminutas, sendo denominadas de **fibras libriformes**, ou pontoações areoladas, sendo denominadas de **fibroesclereídes**.

As fibras podem formar grupos de células, denominados **cordões de fibras** (Figura 4.13), ou podem formar um tecido contínuo. Estão presentes em diversos órgãos.

Há, também, certas fibras que são chamadas de **gelatinosas**, pois são pobres em lignina e suas camadas mais internas se apresentam deslocadas, fazendo com que ocupem o lume celular. Outra variação de tipo de fibra são as fibras septadas (Figura 4.14, seta), que possuem uma projeção transversal de parede formada depois da deposição da parede secundária. Esse septo compartimenta a fibra. As fibras septadas geralmente possuem protoplasto vivo e podem armazenar diversas substâncias, como amido, óleos ou cristais.

As fibras têm um grande valor econômico. Elas são muito utilizadas industrialmente para a fabricação de tecidos e cordas, como é o caso do cânhamo (*Cannabis sativa* - Cannabinaceae), do linho (*Linum usitatissimum* - Linaceae), da espada-de-são-jorge (*Sansivieria zeylanica* - Agavaceae), do linho-da-nova-zelândia (*Phormium tenax* - Liliaceae) e do sisal (*Agave sisalana* - Agavaceae).

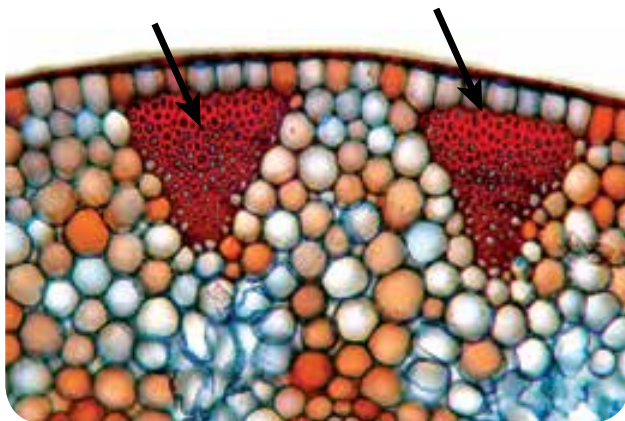


Figura 4.13 – Secção transversal do escapo floral de espécie de monocotiledônea mostrando cordões subepidérmicos de fibras (setas).

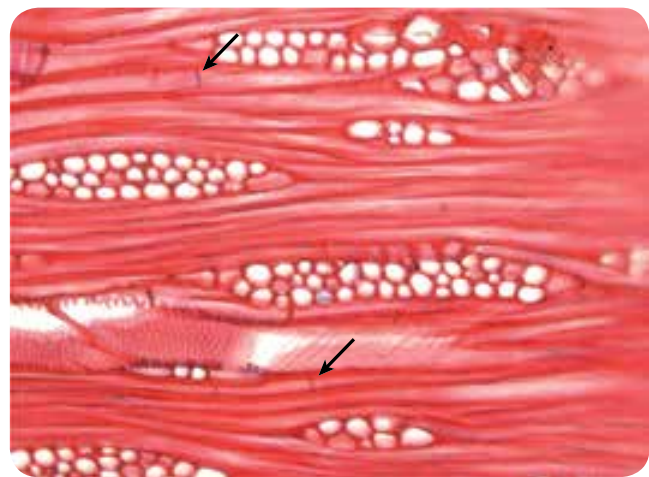


Figura 4.14 – Secção longitudinal do xilema secundário de espécie de eudicotiledônea mostrando fibras septadas (setas).

## Resumo

O parênquima é o tecido que preenche o corpo da planta, conhecido como tecido de preenchimento ou tecido fundamental. Ele tem origem no meristema fundamental e ocorre no córtex e na medula de caules e raízes e no mesofilo das folhas. Suas células

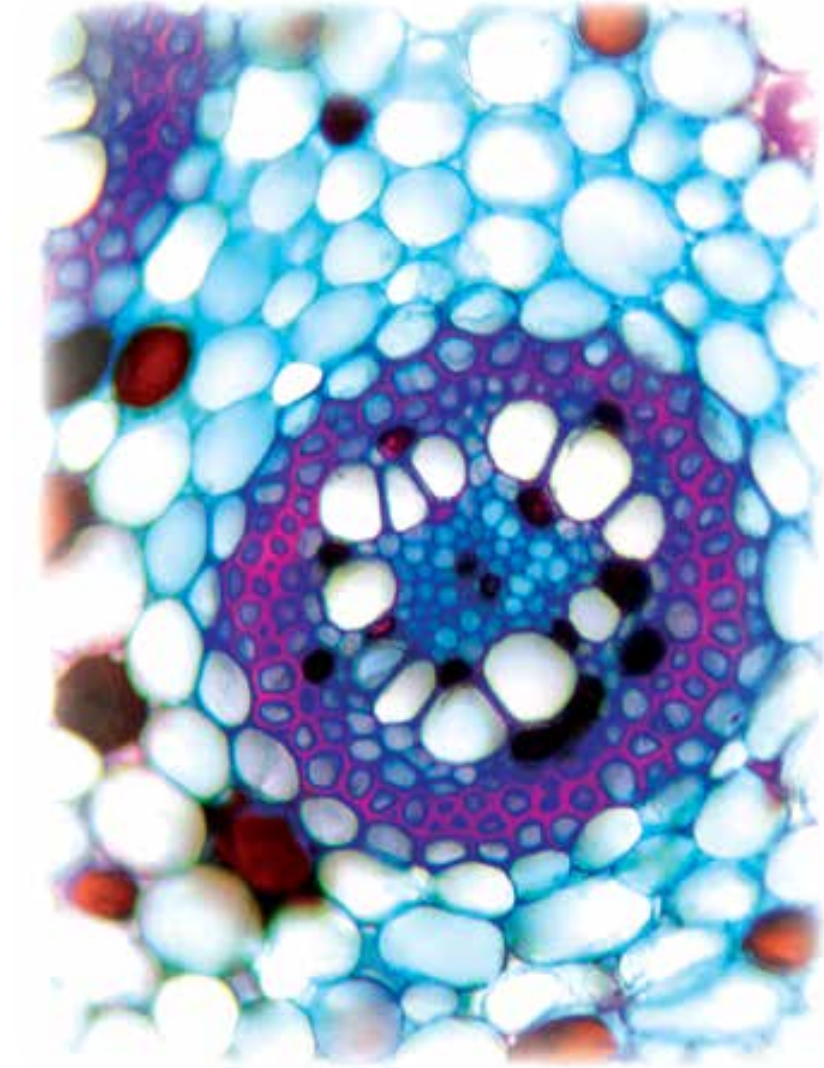


têm paredes finas, amplo vacúolo e amplos ou reduzidos espaços intercelulares. O parênquima pode ser classificado de acordo com a função que desempenha no corpo do vegetal, dividindo-se nos seguintes tipos: parênquima de preenchimento, parênquima clorofiliano e parênquima de reserva. O colênquima é um tecido vivo, com células de paredes primárias desigualmente espessadas. Devido às suas características celulares, as quais conferem plasticidade a esse tecido, geralmente estão presentes em órgãos ainda em crescimento primário, os quais ainda podem se alongar. Podem ser classificados de acordo com o tipo de deposição de parede em suas células, sendo reconhecidos o colênquima lamelar, angular e anelar. O esclerênquima é um tecido com células de parede espessa, com depósito de parede primária e secundária lignificada, sendo esse depósito regular por toda a célula. As células desse tecido são mortas na maturidade, formando um tecido rígido que confere resistência e oferece sustentação e proteção aos órgãos. As células do esclerênquima são classificadas de acordo com a sua forma, sendo de dois tipos: as fibras e as esclereídes. As fibras têm um grande valor econômico, sendo muito utilizadas industrialmente para a fabricação de tecidos e cordas.

## Referências

- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M. (Ed.). *Anatomia Vegetal*. Viçosa: Editora Folha de Viçosa Ltda., 2003. 438p.
- ESAU, K. *Anatomia das Plantas com Sementes*. São Paulo: EPU-EDUSP, 1974. 293p.
- FAHN, A. *Anatomia Vegetal*. Madrid: H. Blume Ediciones, 1978. 643p.
- MAUSETH, J.D. *Plant Anatomy*. California: The Benjamin/Cummings Publ. Co., 1988. 458p.
- SOUZA, L.A. de. *Morfologia e Anatomia Vegetal: célula, tecidos, órgãos e plântula*. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2003. 259p.

# CAPÍTULO 5



## Tecidos Vasculares

*O sistema vascular é responsável pelo transporte interno na planta, isto é, pela distribuição de água e sais minerais, assim como pela distribuição de fotoassimilados. Tal sistema é de fundamental importância para as plantas, pois está presente em todos os seus órgãos. Neste capítulo, você aprenderá que o sistema vascular é composto por dois tecidos, o xilema e o floema, sempre relacionados entre si, e que tais tecidos apresentam vários tipos células, com distintas funções.*



## 5.1 Xilema

Os tecidos vasculares são formados pelo procâmbio, no crescimento primário, e pelo câmbio vascular, no crescimento secundário. O xilema é o tecido vascular responsável, principalmente, pela condução de água e sais minerais das raízes para as partes superiores da planta, fazendo a condução ascendente. É constituído por diferentes tipos de células, vivas e mortas, que exercem funções distintas nesse tecido.

O tecido do xilema apresenta células com paredes secundárias espessadas e, portanto, apresenta-se de uma forma mais evidente que o floema, além de ser melhor conservado nos fósseis. É um tecido muito utilizado na identificação de plantas, especialmente daquelas que possuem xilema secundário, devido à grande variedade de padrões no arranjo de suas células.

### 5.1.1 Composição Celular

O xilema é um tecido formado basicamente por três tipos de células: os elementos traqueais ou condutores, as fibras e as células parenquimáticas (Figura 5.1).

- a) **Elementos traqueais:** esses elementos recebem esse nome por serem semelhantes às traqueias dos insetos. São células longas, com parede primária e parede secundária lignificadas. A parede secundária pode ser depositada de diferentes formas: anelada, em forma de anéis; helicoidal; escalariforme, em forma de escada; reticulada; ou pontuada, recobrendo toda a parede

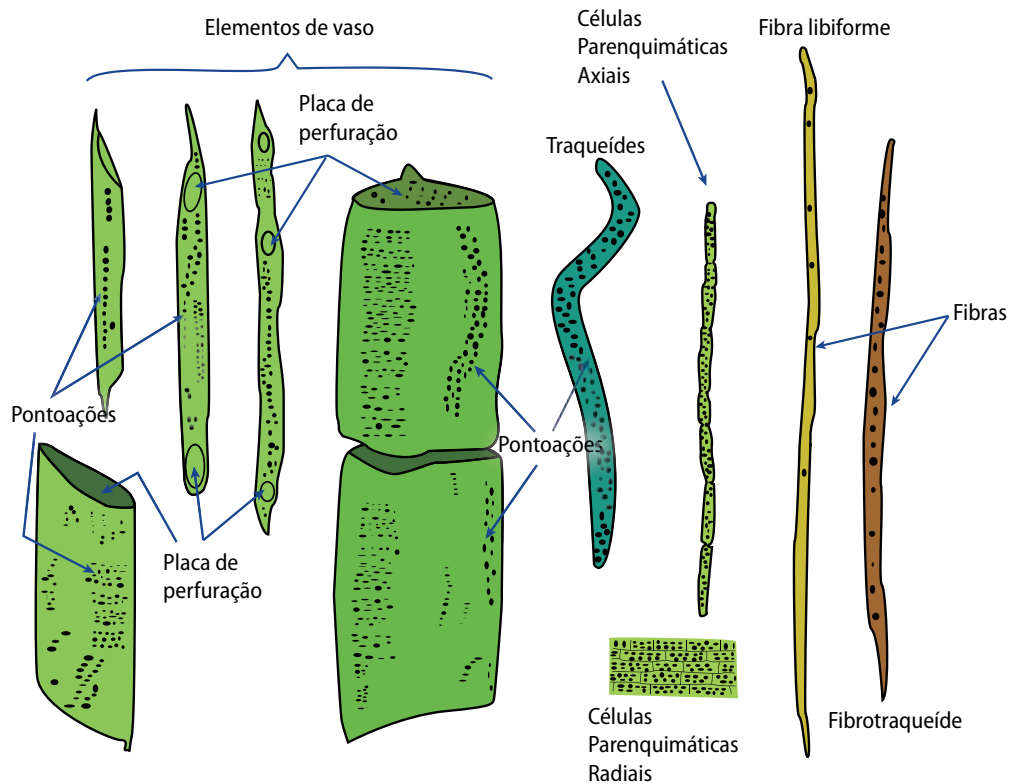


Figura 5.1 – Células do xilema.

do elemento traqueal e apresentando pontoações. Dois tipos de elementos traqueais ocorrem no xilema: as **traqueídes** e os **elementos de vaso**.

As **traqueídes** são células longas com as extremidades afiladas a arredondadas (Figura 5.2). São imperfuradas, isto é, sem placa de perfuração nas paredes terminais. Normalmente, nas paredes laterais ocorrem muitas pontoações areoladas. As traqueídes agregam as funções de condução e de sustentação.

O fluxo de água nas traqueídes ocorre através das membranas de pontoação das pontoações presentes nas paredes das traqueídes, conectadas umas às outras pela região terminal, ocorrendo, assim, o fluxo ascendente (Figura 5.3A). O fluxo lateral entre traqueídes também pode ocorrer.

Os **elementos de vaso** são células perfuradas, isto é, possuem placa de perfuração. As placas de perfurações geralmente ocorrem nas paredes terminais dos elementos e são responsáveis pela comunicação e pela passagem da água entre as células no sentido longitudinal (Figuras 5.1, 5.2, 5.3B-C, 5.4 e 5.5). As placas

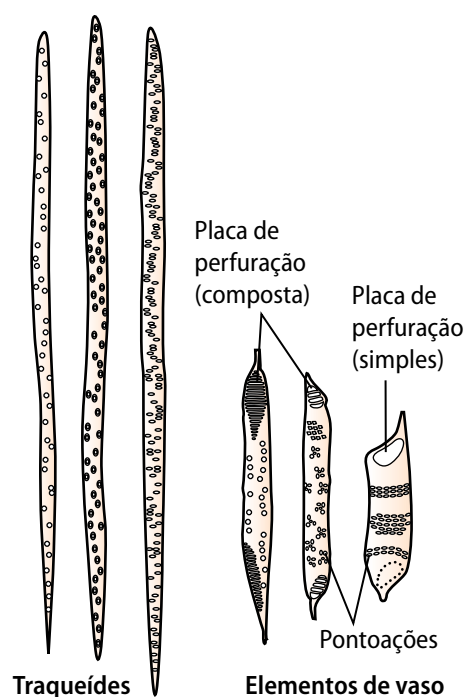


Figura 5.2 – Células condutoras do xilema. Traqueídes e elementos de vaso.

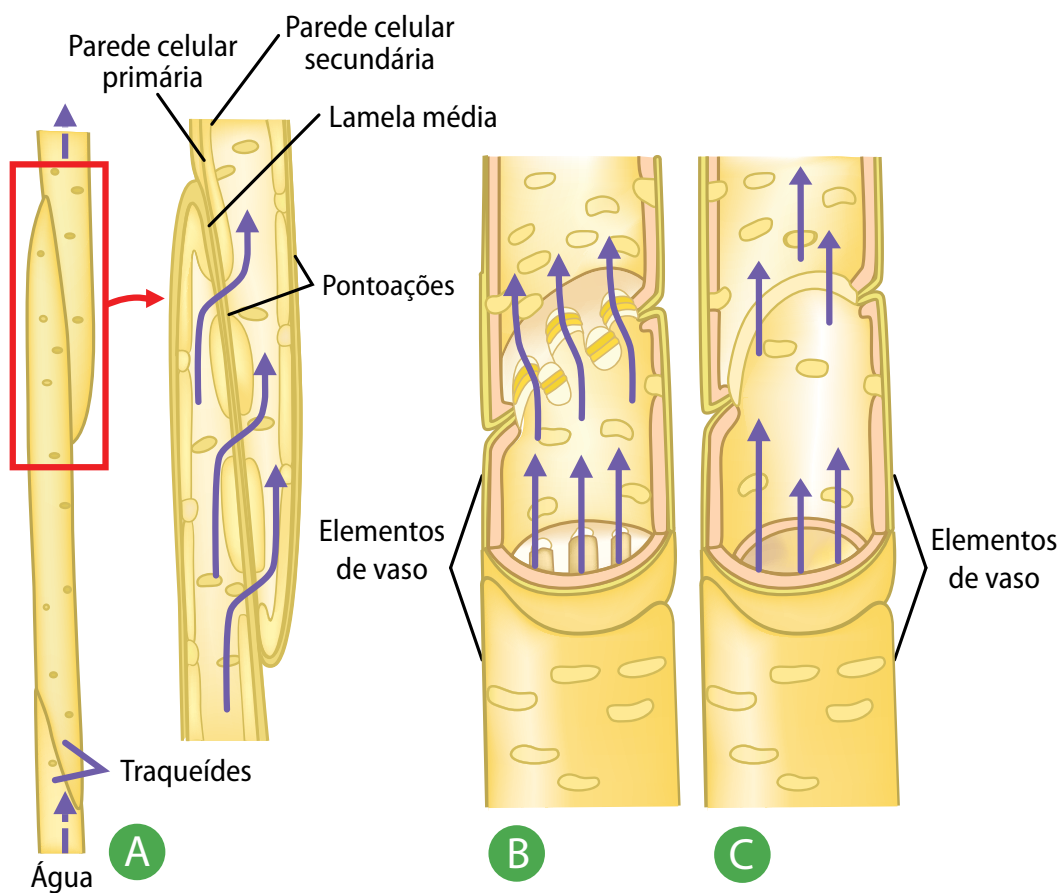


Figura 5.3 – Esquema mostrando o fluxo de água através das traqueídes (A) e elementos de vaso (B e C).

de perfuração podem ser simples, foraminadas, reticuladas ou mistas (Figuras 5.5A-F). A deposição da parede secundária nas paredes laterais pode ocorrer na forma de anéis (anelado), helicoides (helicoidal), escadas (escalariforme), reticuladas e pontoações areoladas (pontoado) (Figura 5.8). As pontoações podem, ainda, ser alternadas, opostas ou escalariformes.

b) **Fibras:** são células longas, de extremidades afiadas e parede secundária espessa e lignificada. Exercem a função de sustentação e em alguns casos de armazenamento (Figura 5.6). Podem ser classificadas em:

- **Fibrotraqueídes:** possuem paredes mais grossas que as traqueídes, pontoações areoladas com câmaras muito pequenas e canal da pontoação desenvolvido (Figura 5.6B).
- **Fibras libríformes:** possuem paredes grossas e pontoações simples com canal da pontoação cilíndrico e mais longas do que as traqueídes e fibrotraqueídes (Figura 5.6C).

Ambas podem ser fibras gelatinosas (com celulose e sem lignina nas paredes) ou septadas (com septos de parede primária atravessando o lúmen);

c) **Parênquima:** são células isodiamétricas, ou alongadas, com paredes finas, mas que, posteriormente, podem apresentar deposição de parede secundária e lignificação. As células parenquimáticas do xilema podem exercer a função de reserva de amido, de óleos, de compostos fenólicos e de cristais e, ainda, translocar substâncias à curta distância (Figura 5.1).

### 5.1.2 Xilema Primário e Secundário

O xilema primário é formado a partir do procâmbio durante o crescimento primário da planta, isto é, em estágios iniciais do desenvolvimento. Durante a formação do xilema primário, são distinguidas duas categorias de xilema: o **protoxilema** e o **metaxilema**. O protoxilema é constituído por células condutoras que se diferenciam primeiro, apresentando menor diâmetro. O **metaxilema** é composto por células condutoras que se diferenciam tardiamente, apresentando, em geral, maior diâmetro. Embora não haja uma delimitação espacial bem definida entre os dois, as





Figura 5.4 – Fotomicrografia de um elemento de vaso, com paredes laterais pontoadas (seta) e placa de perfuração simples (estrela).

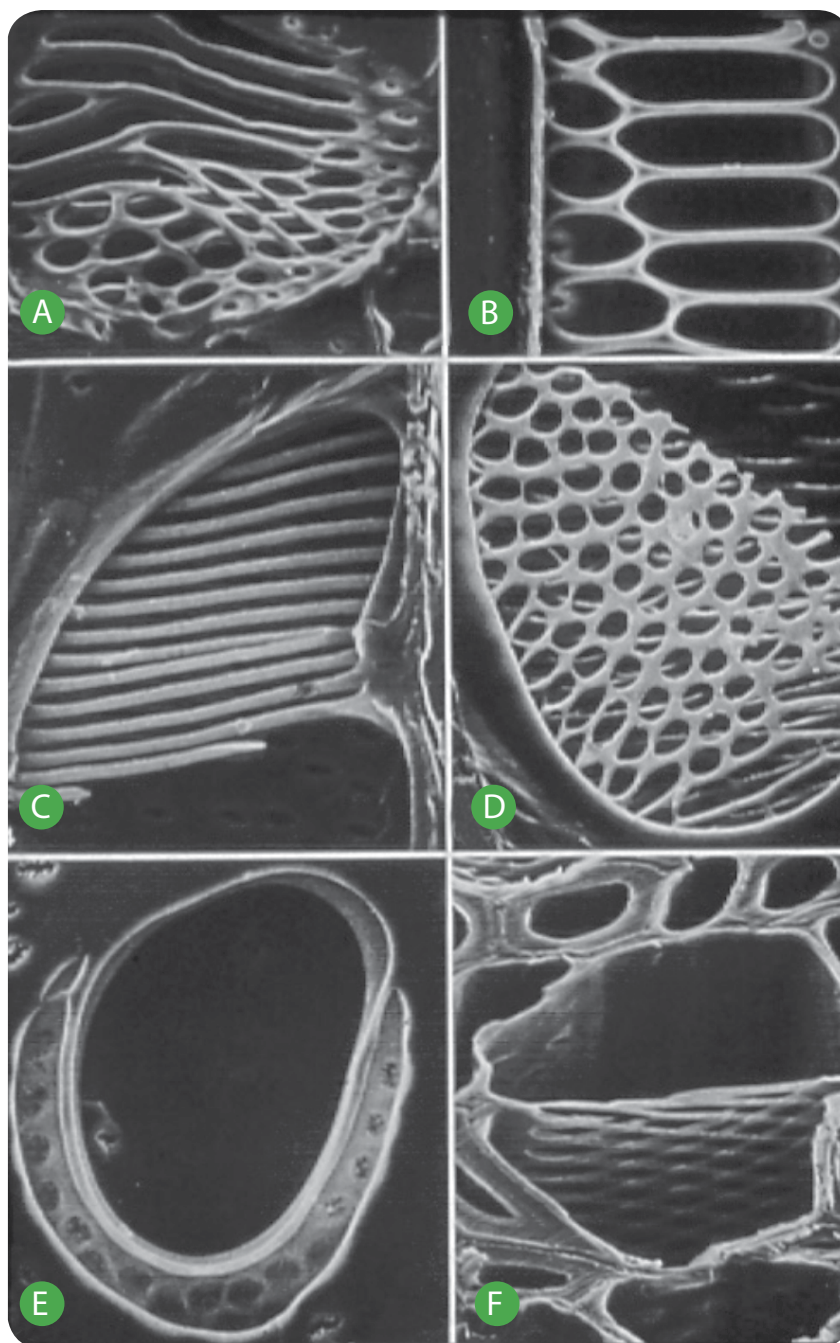


Figura 5.5 – Eletromicrografias de varredura de elementos de vaso evidenciando vários tipos de placas de perfuração. A = Mista; B-C = Escalariforme; D = Foraminada; E-F = Simples.

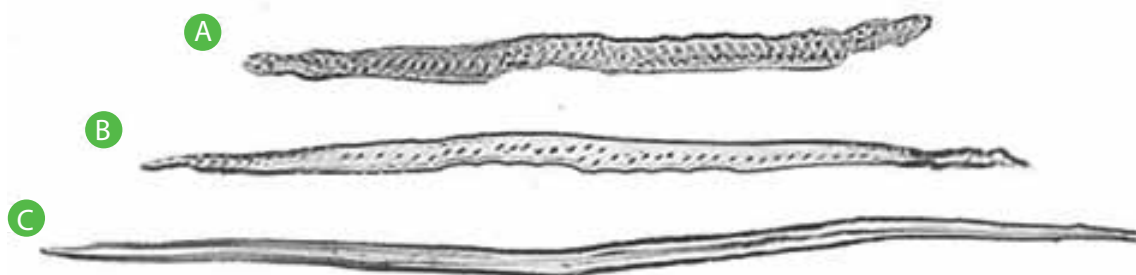
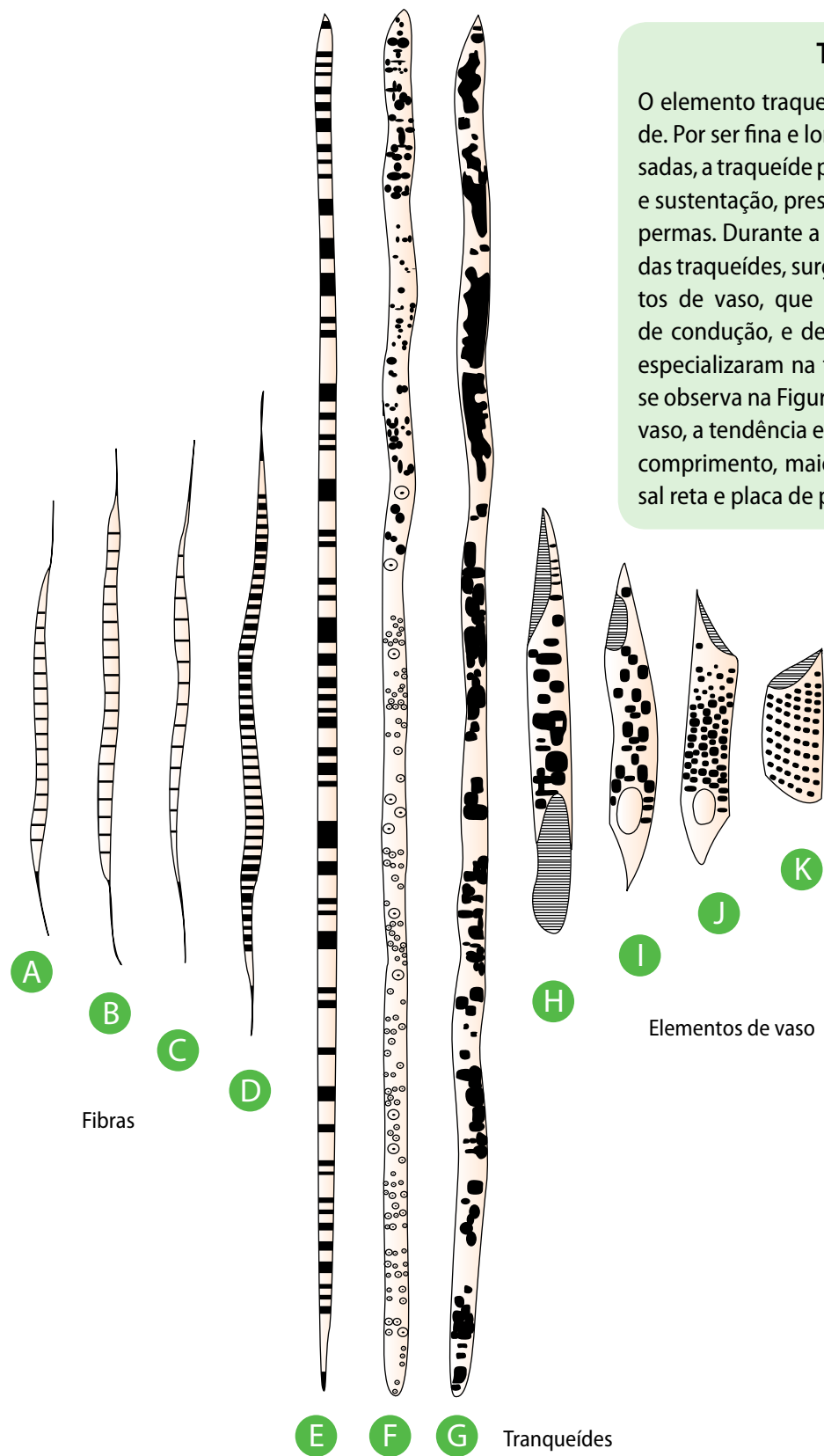


Figura 5.6 – Traqueíde (A). Fibrotraqueíde (B) e Fibras libriformes (C) do xilema secundário da árvore (*Quercus rubra*). A aparência pontilhada deve-se à presença de pontoações nas paredes as quais não são perceptíveis em C.



### Traqueídes

O elemento traqueal mais primitivo é a traqueíde. Por ser fina e longa, com paredes bem espessadas, a traqueíde possui as funções de condução e sustentação, presentes na maioria das gimnospermas. Durante a evolução das plantas, a partir das traqueídes, surgiram, de um lado, os elementos de vaso, que se especializaram na função de condução, e de outro lado, as fibras, que se especializaram na função de sustentação, como se observa na Figura 5.7. Dentre os elementos de vaso, a tendência evolutiva é que tenham menor comprimento, maior diâmetro, parede transversal reta e placa de perfuração simples.

Figura 5.7 Representação esquemática mostrando a evolução dos elementos de vaso e das fibras a partir das traqueídes. A-D = Fibras; E-G = Traqueídes; H-L = Elementos de vaso.

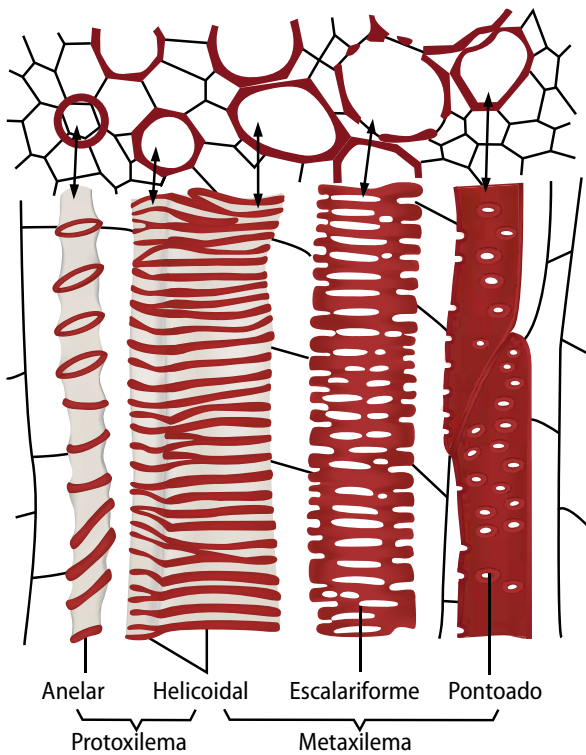


Figura 5.8 – Representação esquemática dos tipos de espessamento dos elementos de vaso. Elementos com espessamento anelar e helicoidal pertencem ao protoxilema, e elementos com espessamento helicoidal mais próximo, escalariformes e pontoado, pertencem ao metaxilema.

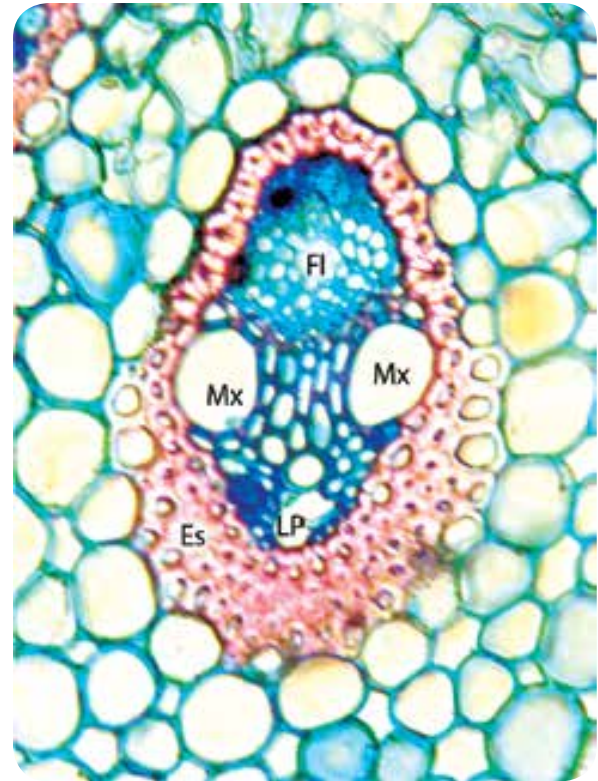


Figura 5.9 – Seção transversal do escapo floral de espécie de monocotiledônea mostrando o feixe vascular colateral fechado com floema (FI), metaxilema (Mx), lacuna de protoxilema (LP) e bainha de esclerênquima (Es).

características dos elementos traqueais podem ajudar na identificação deles. Geralmente, os elementos com espessamento anelar e helicoidal pertencem ao protoxilema, e os elementos com espessamento helicoidal mais próximo, escalariformes e pontoados, pertencem ao metaxilema (Figura 5.8).

O protoxilema é formado em regiões jovens da planta que ainda não estão completamente distendidas e diferenciadas. Então, seus elementos traqueais sofrem diversas pressões, principalmente devido ao alongamento do órgão. O metaxilema, por sua vez, é formado quando o órgão já está completamente alongado e, por isso, é menos afetado. Em algumas monocotiledôneas, o elemento traqueal do protoxilema se colapsa e torna-se não mais funcional. Nesse espaço, agora delimitado pelas células parenquimáticas que circundavam o elemento traqueal, são vistos restos de espessamento anelar da parede secundária. Esse espaço é chamado **lacuna de protoxilema** (Figura 5.9).

Os elementos do metaxilema só completam a maturação ou total diferenciação depois que o alongamento é concluído. Portanto, essas células são menos afetadas pelo alongamento das células ao seu redor. O metaxilema é mais complexo que o protoxilema, podendo apresentar fibras, além dos elementos traqueais e células parenquimáticas. Nas espécies que não apresentam crescimento secundário, os elementos do metaxilema continuam ativos durante toda a vida do vegetal. Entretanto, nas espécies que têm crescimento secundário, eles tornam-se não funcionais após a formação do xilema secundário.

O xilema secundário tem origem a partir do câmbio vascular e está organizado em dois sistemas distintos, o **sistema axial** (vertical), originado das iniciais fusiformes, e o **sistema radial** (horizontal), originado das iniciais radiais, como tratado no Capítulo 2. Apresenta todos os tipos celulares já descritos.

O xilema secundário, seccionado transversalmente no caule ou na raiz, mostra o sistema axial, com células seccionadas transversalmente, que exibem seu menor eixo, como elementos de vaso, fibras e parênquima axial, entremeadas por raios parenquimáticos que constituem o sistema radial cujas células exibem seu maior eixo (Figuras 5.1 e 5.10A). Na secção longitudinal, do xilema secundário, as células do sistema axial apresentam-se com seu maior eixo, e os raios parenquimáticos mostram-se como faixas horizontais de células na secção longitudinal radial (Figura 5.10B), ou de frente, na secção longitudinal tangencial (Figura 5.10C).

## 5.2 Floema

O floema é o tecido responsável pela translocação de nutrientes orgânicos produzidos pela fotossíntese para todas as partes do vegetal, fazendo a condução descendente. É constituído por diferentes tipos de células, vivas e mortas, com funções distintas (Figura 5.11).

### 5.2.1 Composição Celular

O floema é um tecido formado por quatro tipos celulares: os elementos crivados ou células condutoras, as células parenquimáticas especializadas, associadas aos elementos condutores, as células parenquimáticas comuns e as fibras ou esclereídes.

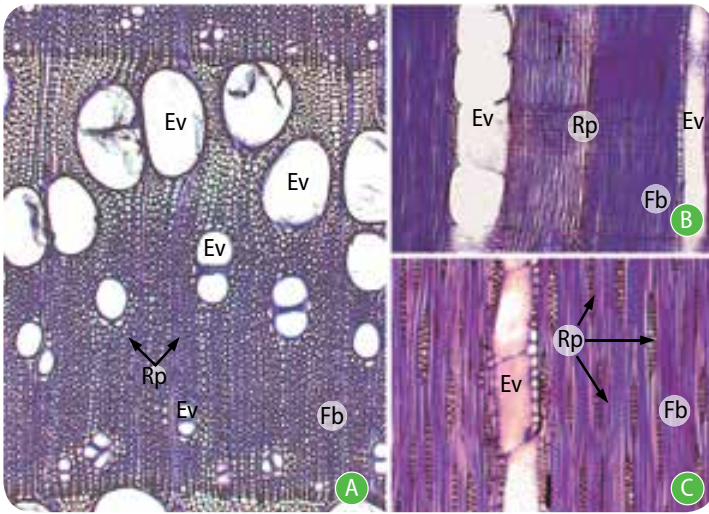


Figura 5.10 – Xilema secundário de espécie de eudicotiledônea. A = Secção transversal; B = Secção longitudinal radial; C = Secção longitudinal tangencial. Observam-se elementos de vaso (Ev), fibras (Fb) e raios parenquimáticos (Rp).

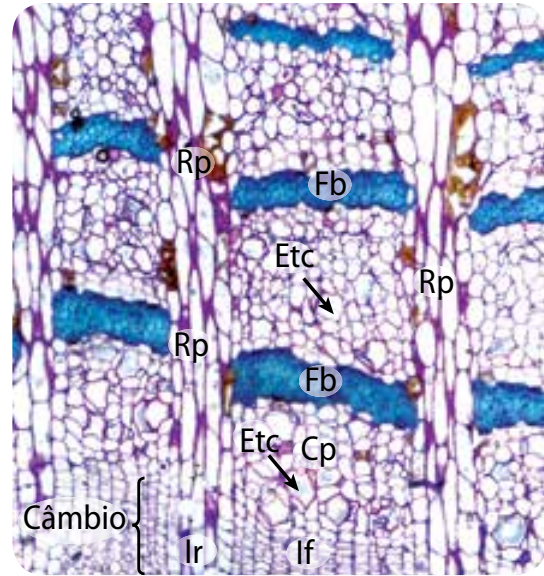


Figura 5.11 – Secção transversal do floema secundário de espécie de eudicotiledônea. Observa-se o câmbio vascular com as iniciais fusiformes (If) e as iniciais radiais (Ir). As If formam o sistema axial com os elementos de tubo crivado (Etc), as células parenquimáticas (Cp) e as fibras (Fb). As Ir formam o sistema radial, constituído pelos raios parenquimáticos (Rp).

### a) Elementos Crivados

As células condutoras do floema recebem o nome de **elementos crivados**. São as que exercem a função de condução dos fotoassimilados para as demais partes das plantas. Podem ser de dois tipos: as **células crivadas** e os **elementos de tubo crivado**. Os **elementos crivados**, de modo geral, são células alongadas, com parede primária mais espessa que as células ao seu redor, anucleadas na maturidade, com poucas organelas – entre elas, plastídios, mitocôndrias e retículo endoplasmático. Os elementos crivados possuem áreas crivadas nas paredes laterais, que são áreas especializadas de comunicação que possuem crivos. Os crivos são formados nas regiões dos campos de pontoação primários, nos quais ocorre deposição de calose, um carboidrato que reveste e alarga os plasmodesmos.

As **células crivadas** são células sem núcleo que se mantêm ativas pela atividade das células de Strassburger, ocorrendo nas gimnospermas. São células alongadas que apresentam áreas crivadas em suas paredes laterais, por onde as células crivadas se unem e transportam a seiva, uma a outra (Figura 5.12). Os crivos das áreas crivadas são estreitos e de tamanho uniforme.

Os **elementos de tubo crivado** são células relativamente mais curtas que as células crivadas e ocorrem nas angiospermas. Nas paredes terminais e, ocasionalmente, nas paredes laterais, apresentam áreas mais especializadas, as denominadas **placas crivadas**, que são áreas crivadas especializadas com crivos maiores (Figuras 5.13A-B e 5.14A-B).

O desenvolvimento da placa crivada ocorre através do depósito de calose na região do plasmodesmo do campo de pontoação, revestindo-a internamente. Posteriormente, a calose se espessa, alargando o crivo para que haja uma maior condução (Figura 5.15A-D).

As placas crivadas encontradas nas paredes terminais podem ser simples, formadas por uma única placa crivada (Figura 5.14B), ou ser compostas por várias placas crivadas. As placas ainda podem ser classificadas quanto ao grau de inclinação da parede, podendo ser transversais ou oblíquas (Figuras 5.13B e 5.14A).

Os elementos de tubo crivado podem não conduzir, seja ele por estar perdendo a sua função ou por um período de dormência. Assim, há um acúmulo de calose na região da placa, até mesmo fechando os crivos, formando a calose de senescência ou a calose de dormência. Quando os elementos condutores encontram um período favorável, podem voltar a conduzir através da dissolução da calose de dormência (Figura 5.15).

As eudicotiledôneas possuem, nos elementos de tubo crivado, uma proteína denominada proteína-P, que se apresenta como filamentos ao longo do elemento. A proteína-P tem a função de auxiliar e direcionar a condução dos fotoassimilados, e também está associada ao fechamento da placa crivada em injúrias, interrompendo o fluxo de seiva (Figura 5.13B).

#### b) Células Parenquimáticas Especializadas

Os elementos crivados são células anucleadas e têm as suas funções fisiológicas reguladas por células parenquimáticas intimamente relacionadas a elas. Essas células possuem conteúdo citoplasmático bastante denso.

As **células de Strassburger** estão associadas às células crivadas nas gimnospermas, como observado na Figura 5.12. São células

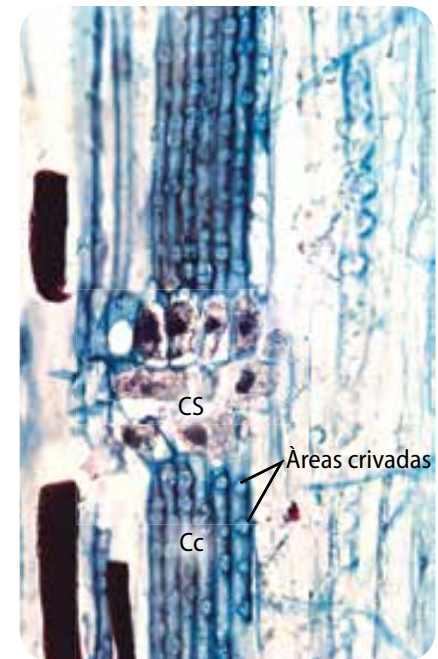


Figura 5.12 – Seção longitudinal do floema de espécie de gimnosperma. CS = célula de Strasburger, CC = célula crivada.

Figura 5.13 – Secção longitudinal do caule de *Cucurbita pepo* evidenciando os elementos de tubo crivado.

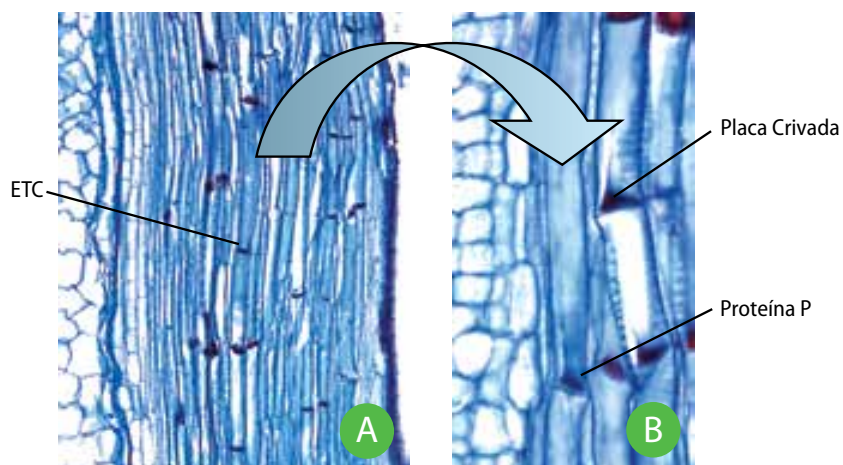


Figura 5.14 – Caule de espécie de eudicotiledônea evidenciando os elementos de tubo crivado com placa crivada e a célula companheira (Cc) do floema. A = Secção longitudinal mostrando o elemento de tubo crivado (ETC); B = Secção transversal mostrando a placa crivada (PC).

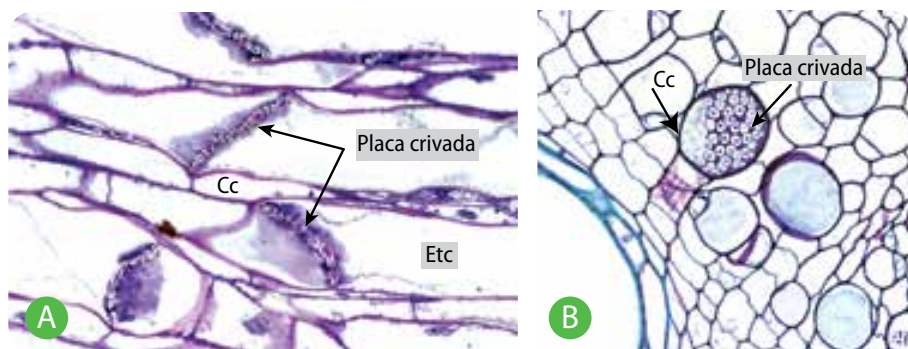
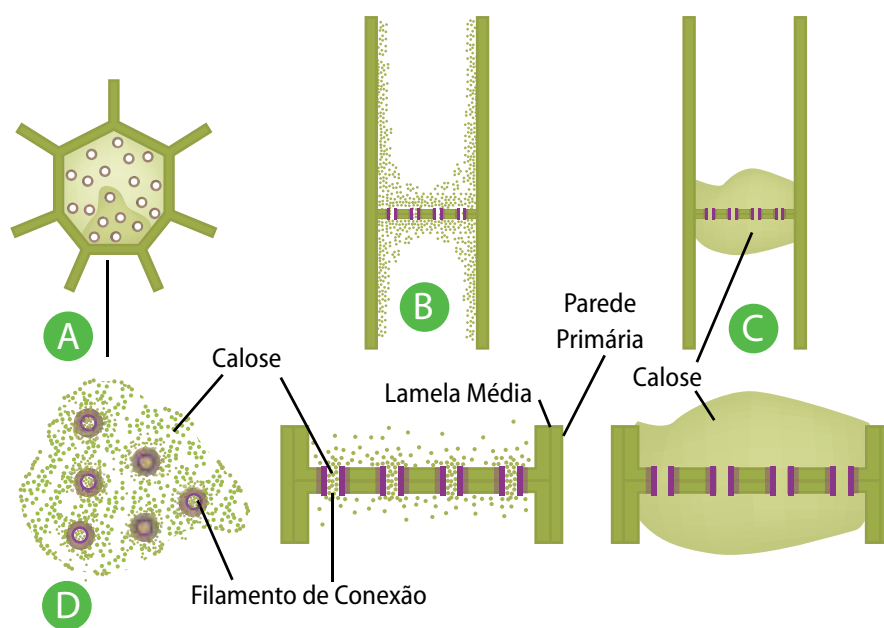


Figura 5.15 – Representação esquemática da deposição de calose durante a formação da placa crivada.



curtas e não possuem a mesma origem que a célula crivada: uma célula procambial ou cambial origina a célula de Strassburger, e outra, a célula crivada.

As **células companheiras** são células parenquimáticas especializadas que estão associadas aos elementos de tubo crivado das angiospermas (Figura 5.14A-B). As células companheiras apresentam conteúdo citoplasmático denso com núcleo evidente. Cada elemento de tubo crivado possui uma ou mais células companheiras, que se posicionam ao longo do elemento condutor. As células companheiras e o elemento de tubo crivado são originados da mesma célula meristemática, seja ela procambial ou cambial, que se divide nos primeiros estágios do desenvolvimento.

#### c) Células Parenquimáticas Comuns

As células parenquimáticas comuns do floema estão normalmente associadas aos elementos condutores, e têm função de armazenamento de diversas substâncias, como grãos de amido, óleos, compostos fenólicos e cristais.

#### d) Fibras e Esclereídes

As fibras e as esclereídes, no floema, podem ter posição variada. No floema primário, geralmente estão agrupados em cordões e têm uma posição externa às demais células. No floema secundário, as fibras e as esclereídes podem ter posição aleatória, ou até formar faixas contínuas (Figura 5.11).

### 5.2.2 Floema Primário e Secundário

O floema primário é formado pelo procâmbio, e é classificado em **protofloema** e **metafloema**. O **protofloema** é o primeiro a ser formado, quando o órgão ainda está se distendendo e, por isso, muitas vezes, é obliterado e a sua função é efêmera. O **metafloema** é formado posteriormente e pode conduzir ativamente por toda a vida da planta, como nas dicotiledôneas herbáceas e nas monocotiledôneas. Os elementos crivados do metafloema são mais largos e numerosos que os do protofloema.

O floema secundário é formado pelo câmbio vascular e está organizado em um **sistema axial**, originado das iniciais fusiformes, e um **radial**, originado das iniciais radiais, (Figura 5.11), conforme visto



no Capítulo 2. O **sistema axial** é composto por elementos condutores, células de Strassburger, células companheiras, fibras e esclereídes, e células parenquimáticas axiais; já o **sistema radial** é composto por células parenquimáticas radiais. Essas células podem formar um arranjo característico de cada espécie, delimitando camadas de crescimento em algumas delas.

Devido a sua posição externa ao câmbio e à produção contínua de tecido do xilema secundário, o floema sofre acomodações em seus tecidos para comportar o aumento em espessura, como alargamento de raios divisões anticlinal de células parenquimáticas do floema não condutor. As camadas mais periféricas são eliminadas com a formação de novas peridermes.

### 5.3 Feixes Vasculares

O feixe vascular é uma associação de células do xilema e do floema que ocorre em caules, folhas, flores e frutos em crescimento primário. Há quatro tipos de feixes: colateral, bicolateral, anfigasal e anficrival.

#### a) Feixe Colateral

Esse feixe apresenta os cordões de xilema e floema lado a lado, opostos um ao outro. Pode estar envolto por fibras perivasculares em um dos lados, ou não. Os cordões de procâmbio podem se diferenciar totalmente em tecidos vasculares e permanecer dessa forma por toda a vida da planta; esse feixe é denominado de **feixe colateral fechado** (Figura 5.9). Quando as células procambiais não se diferenciam totalmente em xilema e floema primários e algumas células permanecem meristemáticas para a formação do câmbio, o feixe é denominado **feixe colateral aberto** (Figura 5.16A). Com o acréscimo de tecidos vasculares secundários, o sistema vascular será um cilindro contínuo não composto por feixes.

#### b) Feixe Bicolateral

Esse feixe é caracterizado por possuir xilema com duas porções de floema, uma porção voltada para o lado interno do órgão e outra voltada para o lado externo (Figura 5.16B).

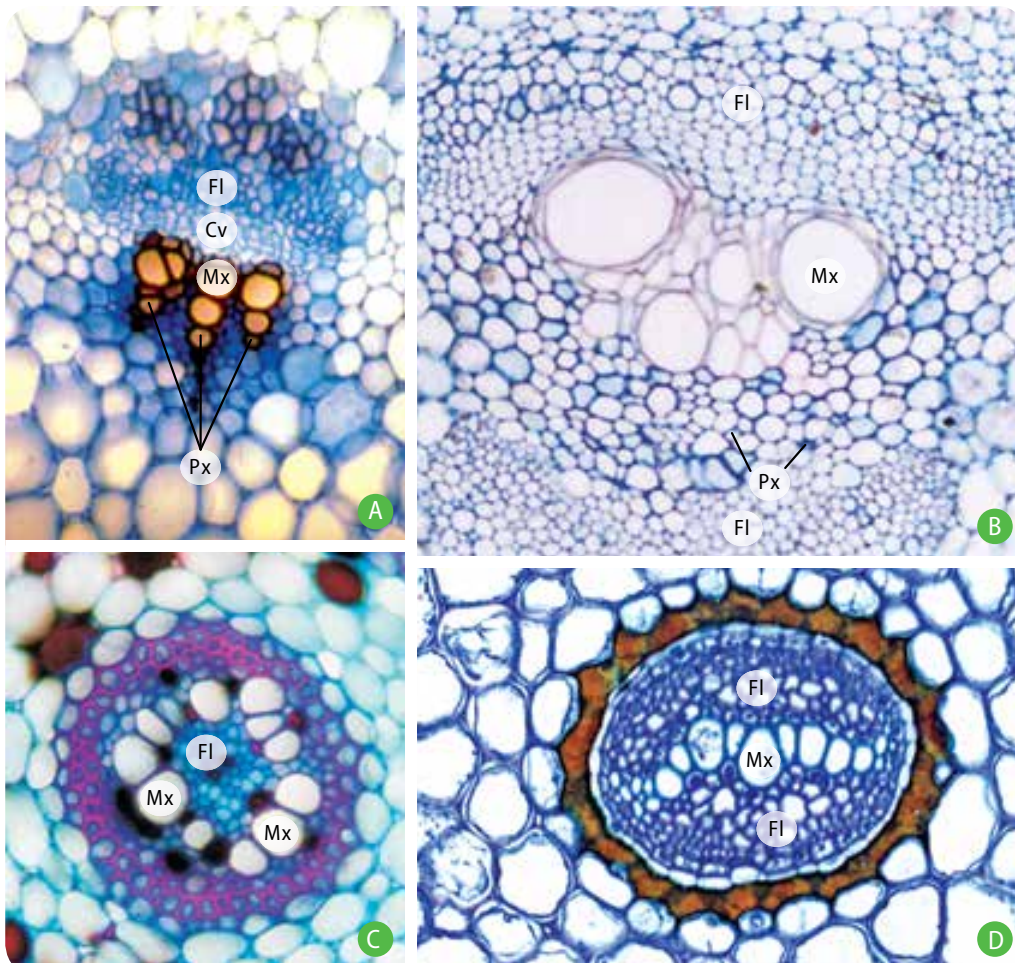


Figura 5.16 – Fotomicrografias de diversos tipos de feixes vasculares em secção transversal. A = Feixe colateral aberto; B = Feixe bicolateral; C = Feixe anivasal; D = Feixe anficrival. (FI) = floema; (Cv) = câmbio vascular; (Mx) = metaxilema; (Px) = protoxilema; (BE) = bainha de esclerênquima.

### c) Feixe Anivasal

Presente principalmente em algumas monocotiledôneas, esse feixe é caracterizado pela presença de floema envolto por xilema (Figura 5.16C), podendo ainda ter uma bainha de esclerênquima.

### d) Feixe Anficrival

O feixe anficrival é caracterizado pela presença de um cordão de xilema envolto por floema (Figura 5.16D).

## Resumo

Os tecidos de condução são dois: o xilema e o floema. Ambos são constituídos por vários tipos de células e são formados pelo procâmbio e pelo câmbio, durante o crescimento primário e

secundário, respectivamente. O xilema e o floema apresentam os seguintes tipos de células: as condutoras, com função de conduzir água ou assimilados; as fibras, que exercem função de sustentação; e as células parenquimáticas, as quais podem armazenar e conduzir à curta distância. As células condutoras do xilema são as traqueídes, comuns nas gimnospermas, e os elementos de vaso, comum nas angiospermas. As células condutoras do floema são as células crivadas, que ocorrem nas gimnospermas, e os elementos de tubo crivado, comum nas angiospermas. Os elementos de vaso e os elementos de tubo crivado são considerados células com características derivadas em relação às traqueídes e às células crivadas. O xilema e o floema primários são subdivididos em proto e metaxilema e proto e metafloema, respectivamente, sendo que os elementos do protoxilema e do protofloema são os primeiros a surgir no corpo da planta, vindo a ser substituídos posteriormente pelos elementos do metaxilema e protoxilema. Os elementos do xilema e floema primários, exceto nas raízes, estão organizados na forma de feixes vasculares, podendo ocorrer os tipos: colateral, anfigasal, anfigrival e bicolateral. O xilema secundário apresenta dois sistemas, o axial e radial. No axial ocorrem as células condutoras, as fibras e o parênquima não especializado. No sistema radial ocorrem células parenquimáticas especializadas, as quais compõem os raios parenquimáticos.

## Referências

- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M. (Ed.). *Anatomia Vegetal*. Viçosa: Editora Folha de Viçosa Ltda., 2003. 438p.
- ESAU, K. *Anatomia das Plantas com Sementes*. São Paulo: EPU-EDUSP, 1974. 293p.
- FAHN, A. *Anatomia Vegetal*. Madrid: H. Blume Ediciones, 1978. 643p.
- MAUSETH, J.D. *Plant Anatomy*. California: The Benjamin/Cummings Publ. Co., 1988. 458p.
- SOUZA, L.A. de. *Morfologia e Anatomia Vegetal: célula, tecidos, órgãos e plântula*. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2003. 259p.

# CAPÍTULO 6



## Estruturas Secretoras

*Nas plantas, o termo secreção é empregado para abranger os processos de secreção e excreção. A secreção é a eliminação de substâncias que participam ainda de outros processos metabólicos, como enzimas e hormônios, ao passo que a excreção é a eliminação de produtos finais do metabolismo, que não mais serão utilizadas pelas plantas, como terpenos, resinas, taninos e vários cristais. Contudo, normalmente não se estabelece uma linha nítida entre secreção e excreção nas plantas e os mesmos locais podem, usualmente, acumular uma variedade de substâncias, algumas sendo produtos de eliminação, e outras que são novamente utilizadas. Neste capítulo, o termo secreção será utilizado de maneira ampla: as estruturas secretoras serão divididas em externas e internas, dependendo se a substância secretada for eliminada para o ambiente ou for mantida no interior da estrutura secretora, ou do vegetal. Dessa forma, espera-se que você possa, ao estudar este capítulo, reconhecer e entender os principais tipos de estruturas secretoras que ocorrem nas plantas.*



## 6.1 Estruturas Secretoras Externas

### 6.1.1 Tricomas Glandulares

Os tricomas ou pelos glandulares, já referidos no capítulo 3, apresentam, em geral, uma ou mais células que são secretoras e podem estar apoiadas em uma ou mais células que ligam a parte secretora à epiderme, funcionando como um pedúnculo (Figuras 6.1A-F). Ocorrem também pelos secretores cuja base é secretora, ficando a região apical com a função de eliminar a secreção. A secreção eliminada pode acumular-se, primeiramente, entre a parede celular do tricoma e a cutícula, como se observa na folha de alecrim (Figura 6.2). Em seguida, a cutícula se rompe e elimina a substância secretada para o ambiente.

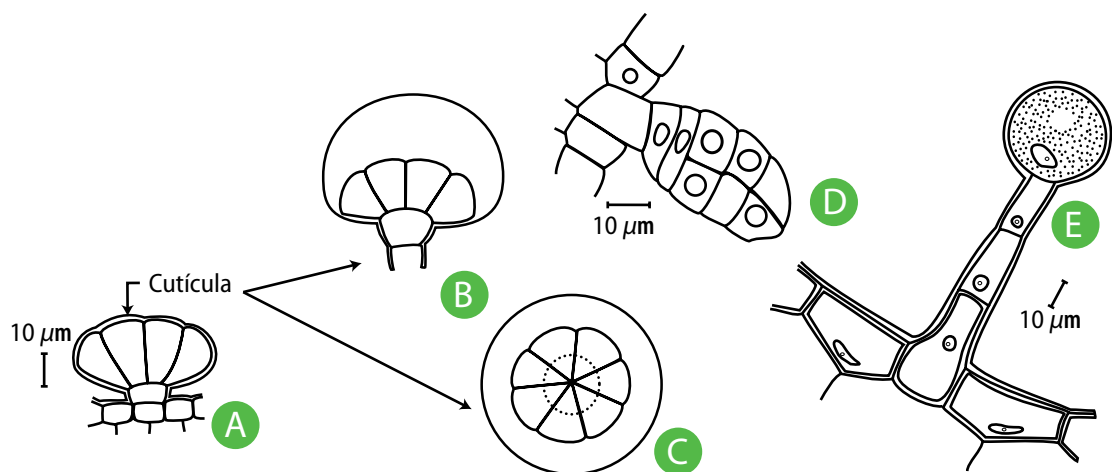


Figura 6.1 – Tricomas secretores. A-C = Tricomas da folha de lavândula (*Lavandula vera*) com cutícula não distendida (A) e distendida (B-C) pelo acúmulo de substância elaborada. Tricoma da folha do algodoeiro (*Gossypium*). Tricoma capitado (uma só célula terminal) do caule de *Pelargonium*.



Figura 6.2 – Tricoma glandular da folha de alecrim com cutícula distendida.

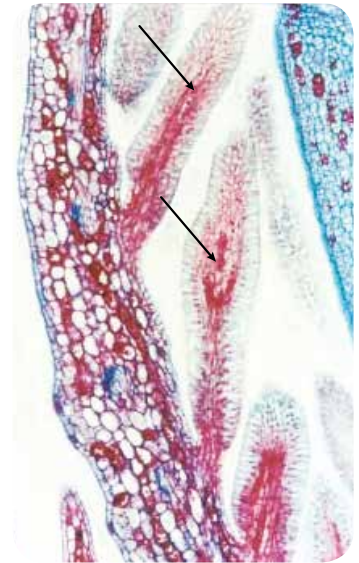


Figura 6.4 – Coléteres (setas) em bráctea floral de *Coffea arabica* (café).

### *Urtiga urens*

A espécie *Urtiga urens* apresenta nas suas folhas e caules tricomas glandulares ou pelos urticantes com estrutura complexa. A parte inferior do pelo apresenta incrustações de cálcio, o que lhe dá rigidez, mas a ponta é frágil e se rompe ao mais ligeiro toque, fazendo com que as substâncias urticantes penetrem na pele, conforme observamos na Figura 6.3.

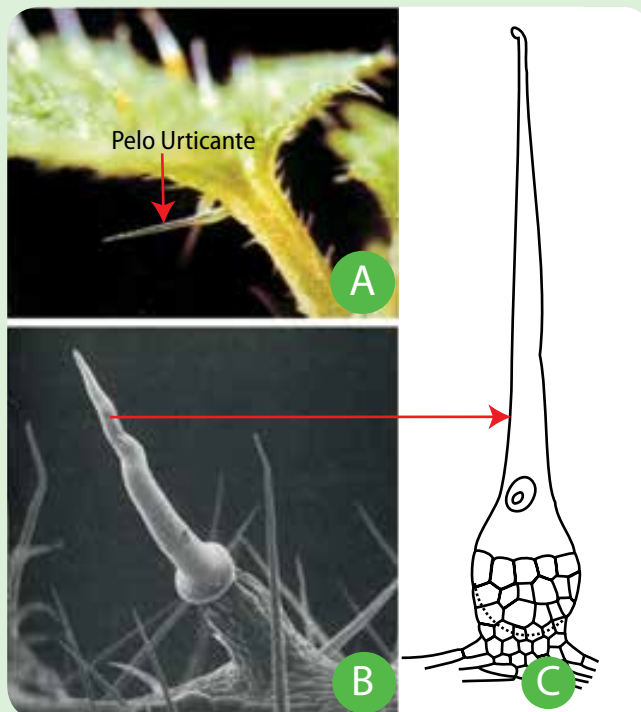


Figura 6.3 – *Urtiga (Urtica urens)*. A = Folha com tricomas urticante; B = Eletromicrografia do tricoma; C = Desenho esquemático do tricoma.



### 6.1.2 Coléteres

São um tipo de tricoma glandular que se desenvolve nos primórdios das folhas e produz uma secreção pegajosa que cobrindo toda a gema, proporciona um revestimento protetor à gema dormente (Figura 6.4).

### 6.1.3 Glândulas de Sal

São tricomas que ocorrem em folhas de plantas que ocupam ambiente salino. Secretam sais inorgânicos, evitando o acúmulo nocivo de íons minerais nos tecidos de espécies halófitas, como a *Laguncularia*, que se desenvolve em mangues. Os íons são conduzidos das células do mesofilo até as células basais dos tricomas por meio de plasmodesmos, e dessas células até as secretoras via simplasto (Figura 6.5).

**Plantas insetívoras**  
Também chamadas de carnívoras, são plantas que capturam e digerem insetos através de sucos secretados por glândulas especiais. As insetívoras não dependem exclusivamente do aprisionamento do animal para sua alimentação, pois, como os outros vegetais, fabricam o seu próprio alimento.

### 6.1.4 Glândulas Digestivas

São tricomas multicelulares e pedunculados que secretam enzimas digestivas. Ocorrem em **plantas insetívoras**, como *Dionaea*, *Drosophyllum*, *Pinguicula* e *Nepenthes*.

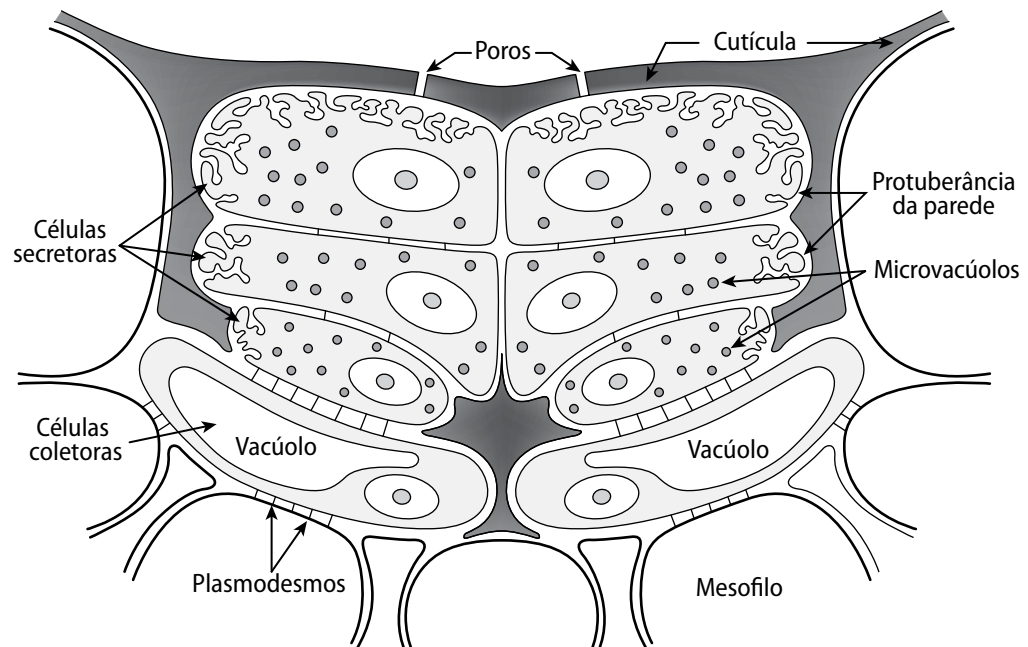


Figura 6.5 – Glândula de sal

### 6.1.5 Nectários

São estruturas secretoras que secretam um líquido açucarado, o néctar. Podem ser classificados em nectários **extraflorais** os que ocorrem em caules, folhas, estípulas ou pedicelos, e em nectários **florais** os que ocorrem em sépalas, pétalas, estames, ovários ou no receptáculo (Figura 6.6).

O tecido secretor do nectário pode estar na epiderme ou em camadas subepidérmicas, com células pequenas, paredes finas e citoplasma denso (Figura 6.6). A epiderme que reveste o nectário pode apresentar pelos tectores e estômatos inativos. O tecido vascular pode apresentar seu próprio feixe vascular, às vezes constituído apenas de floema – o que dá ao néctar um sabor açucarado. Já o predomínio de xilema no feixe vascular do nectário, além de diminuir o teor de açúcar, aproxima o nectário dos hidatódios, os quais são especializados em eliminação de água.

### 6.1.6 Hidatódios

São estruturas encontradas nas margens das folhas, responsáveis por secretar, por processo ativo (gutação), um líquido de composição variável – desde água pura até soluções diluídas de solutos orgânicos e inorgânicos na forma de íons ( $\text{NH}^+$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Mg}^+$ , entre outros). São caracterizados pela presença de bainha do feixe aberta; elementos de condução exclusivamente xilemáticos; parênquima frouxo com células de paredes finas, destituídas de cloroplastídios; e presença de poros aquíferos, semelhantes a estômatos modificados.

## 6.2 Estruturas Secretoras Internas

### 6.2.1 Células Secretoras

As células que acumulam substâncias aparentemente de eliminação são denominadas **idioblastos** (*idios* = peculiar; *blasto* = formação). Essas células se destacam por seu tamanho, formato e, principalmente, por seu conteúdo, e podem ocorrer em qualquer

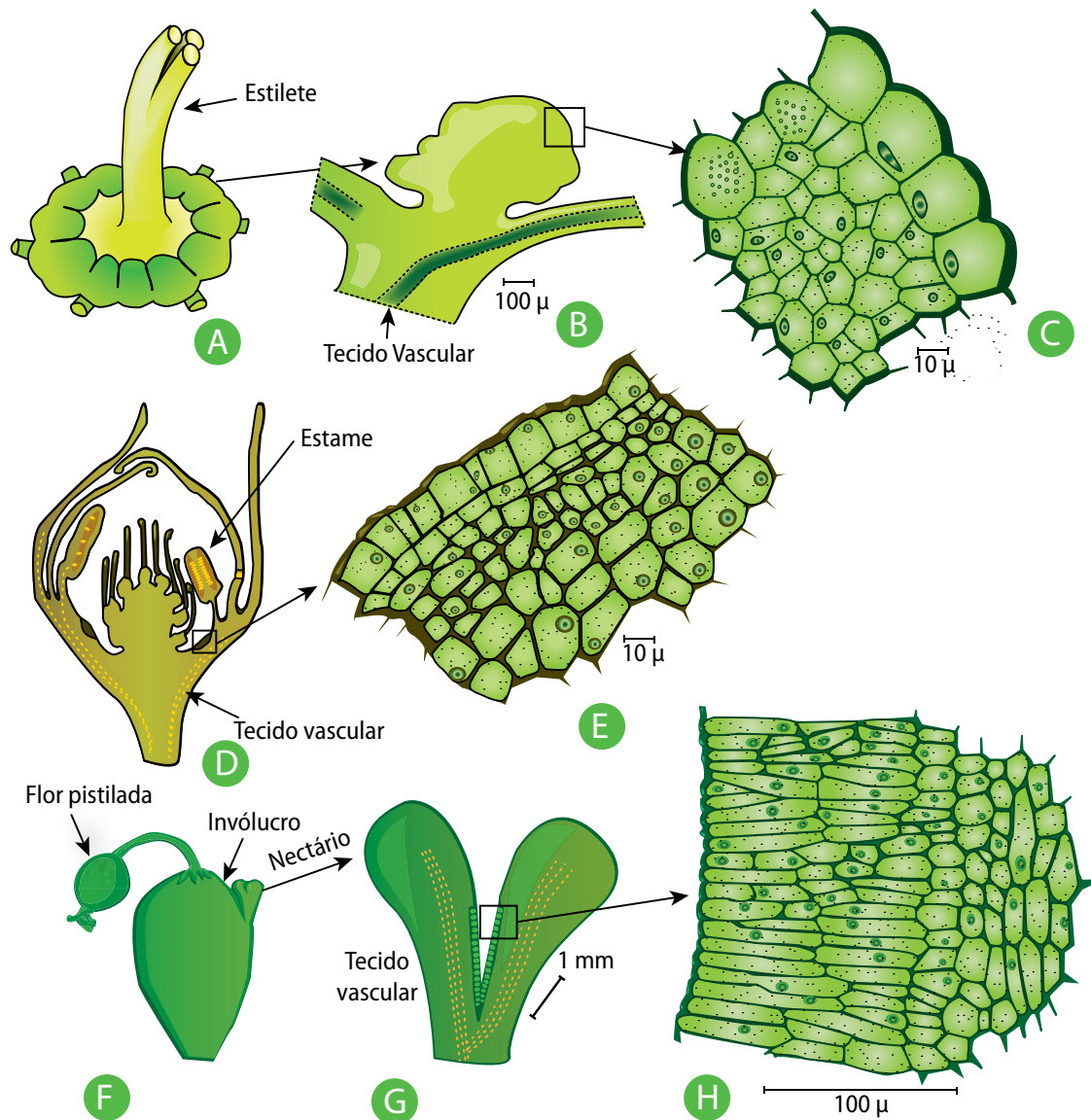


Figura 6.6 – Nectários florais. A-C = *Ceanothus*. O nectário é um disco lobado, inserido na base do gineceu (A). D-E = Morangueiro (*Fragaria*). O tecido do nectário reveste o tubo floral abaixo dos estames (D). F-H = Flor-de-papagaio (*Euphorbia pulcherrima*). O nectário lobado (G) insere-se no invólucro que reveste a inflorescência.

tecido. Os idioblastos podem secretar várias substâncias, como taninos, mucilagens, cristais, óleos essenciais e resinas, entre outras (Figuras 6.7 e 6.8).

As células secretoras que possuem conteúdos oleosos são comuns nas plantas pertencentes às famílias Calycanthaceae, Lauraceae, Magnoliaceae, Simarubaceae e Winteraceae, ocorrendo nos tecidos fundamental e vascular de folhas e caules.

As células taniníferas são comuns nas famílias Crassulaceae, Ericaceae, Leguminosae, Myrtaceae, Rosaceae e Cyperaceae,

entre outras. O tanino é uma substância ergásica comum nas células parenquimáticas. Tais células formam, com frequência, sistemas conectados que podem estar associadas aos feixes vasculares. Os compostos tânicos das células taniníferas oxidam-se, resultando em flobafenos marrons ou marrom-avermelhados, facilmente perceptíveis ao microscópio óptico (Figura 6.8).

Células cristalíferas são células que apresentam cristais. São comuns nos vegetais, como aquelas com drusas, ráfides e cistólitos, entre outras (Figura 6.7).

### 6.2.2 Cavidades e Canais Secretores

As cavidades e os canais secretores podem ter origem **lisígena** (através da dissolução de células) ou **esquisógena** (pela separação de células por conta da dissolução da lamela média), ou ainda pela combinação de ambos os processos (Figura 6.9). As cavidades ocorrem no tecido e os canais percorrem o tecido ou o órgão em certa extensão, podendo ser identificados em secção longitudinal.

Cavidades lisígenas ocorrem, por exemplo, em folhas de *Eucalyptus* e *Citrus*. A secreção é formada por células que eventualmente se rompem, liberando substâncias na cavidade. Nesses gêneros mencionados, as secreções são geralmente oleosas (Figuras 6.9A e 6.9B).

Os canais secretores esquisógenos mais conhecidos são os ductos gomíferos e resiníferos das coníferas e das eudicotiledôneas lenhosas. Nas coníferas, são chamados **ductos resiníferos** e são encontrados nos tecidos vascular e fundamental de todos os órgãos. São espaços intercelulares longos, forrados por células epiteliais produtoras de resina (Figuras 6.9C e 6.9D).

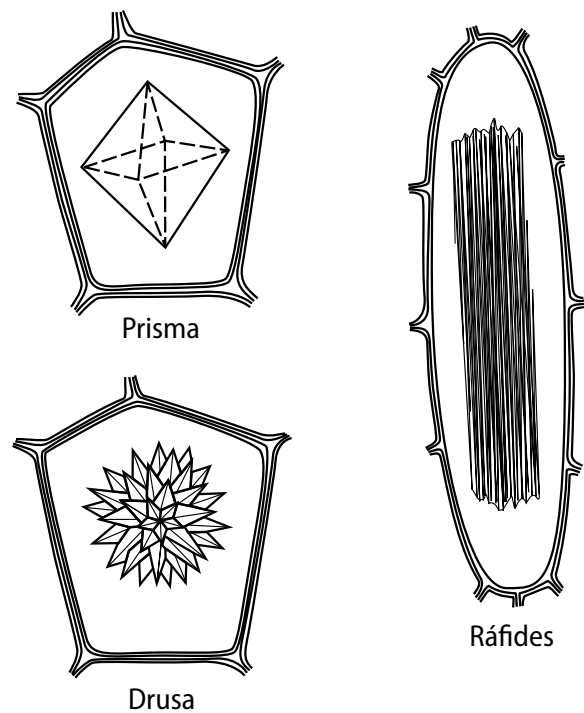


Figura 6.7 – Idioblastos com cristais.

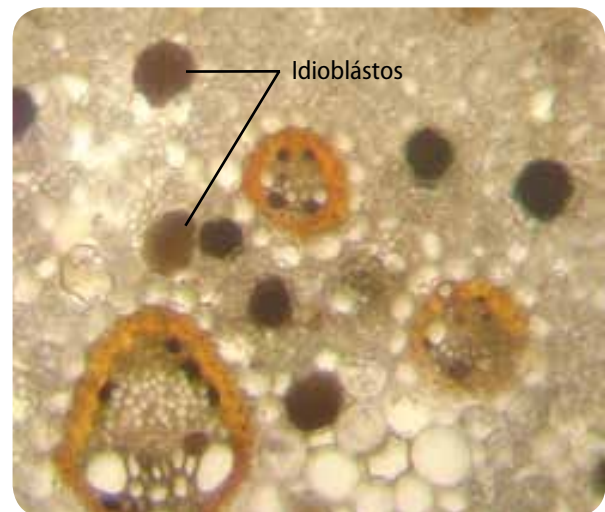


Figura 6.8 – Secção transversal do escapo floral de espécie de monocotiledônea, mostrando idioblastos com substâncias fenólicas.

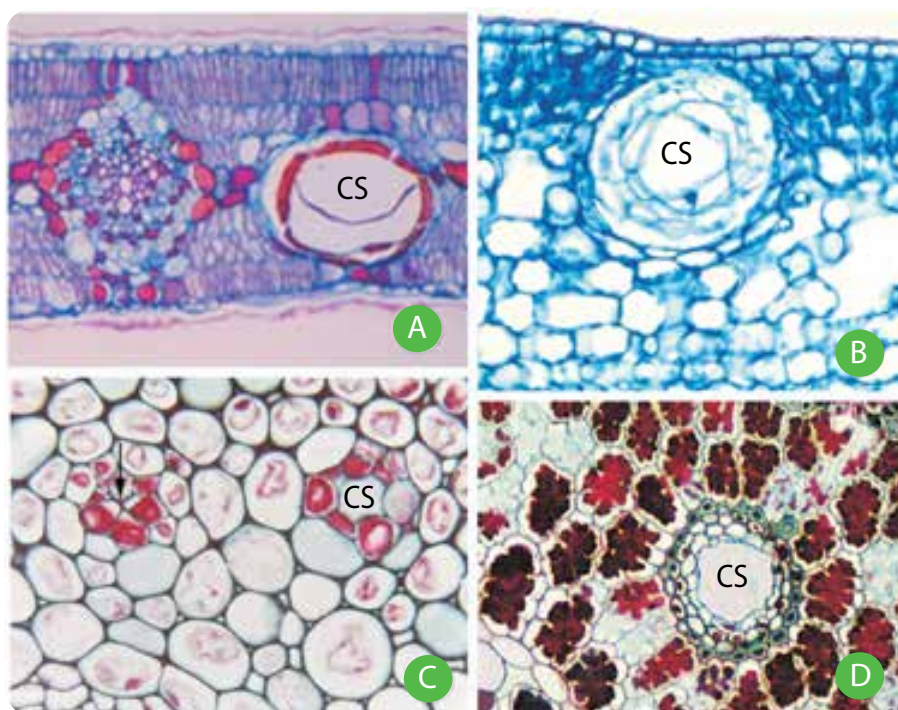


Figura 6.9 – Estruturas secretoras em plantas. A-B = Cavidade secretora lisígena; A = Folha de *Eucalyptus*; B = Folha de *Citrus*; C = Formação de canal secretor esquisógeno. CS = Canal secretor esquisógeno (canal resinífero) em folha de *Pinus*.

### 6.2.3 Laticíferos

São estruturas secretoras que secretam látex. Em termos estruturais, os laticíferos agrupam-se em duas categorias: **não articulados** ou simples e **articulados** ou compostos (Figura 6.10). Os laticíferos não articulados são formados por células isoladas que têm crescimento indeterminado, diferenciando-se em estruturas tubulares que apresentam **crescimento intrusivo** e podem ou não ser ramificadas (Figura 6.10A). Os laticíferos articulados são formados por fileiras de células que se dispõem em série, podendo suas paredes terminais permanecer íntegras (articulados não anastomosados) ou ser parcial ou totalmente destruídas (articulados anastomosados) (Figura 6.10B).

As extremidades das células em crescimento começam não apenas a invadir os espaços intercelulares, como também a forçar caminho entre as paredes de outras células. A esse último fenômeno dá-se o nome de **crescimento intrusivo**.

O látex pode ter um aspecto leitoso ou ser incolor. Em algumas espécies, como na coroa-de-cristo (*Euphorbia sp.* – Euphorbiaceae), ocorrem amiloplastos em forma de osso; na seringueira (*Hevea brasiliensis* – Euphorbiaceae; *Ficus elastica* – Moraceae), há grânulos de borracha; no mamão (*Carica papaya* – Caricaceae), os laticíferos contêm papaína, uma enzima proteolítica. O látex pode ser cáustico em algumas plantas e, em outras, pode acumular substâncias tóxicas, como em espécies da família Solanaceae.

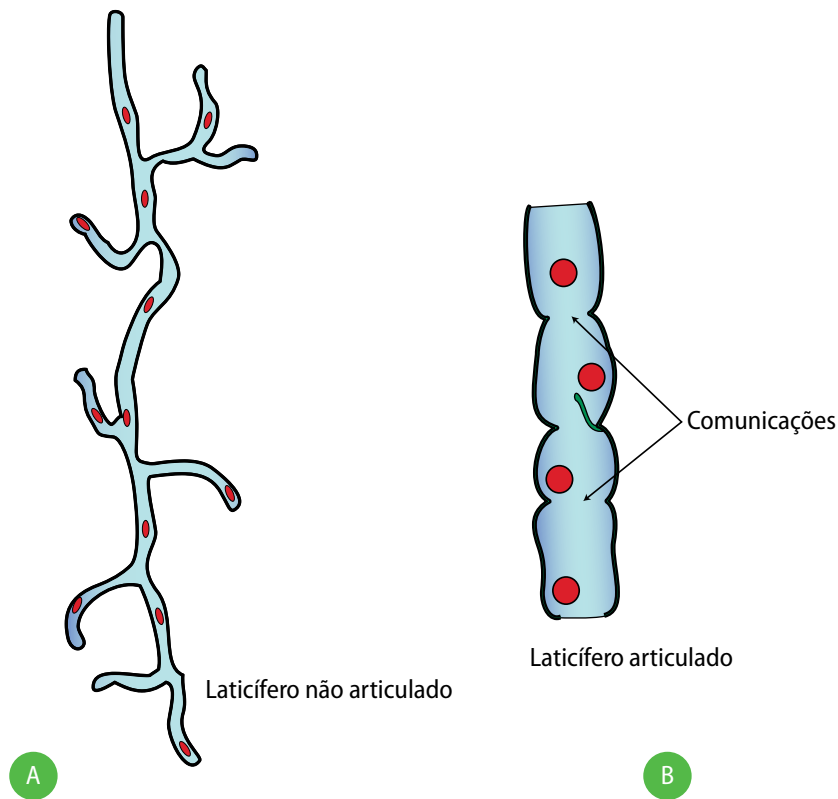


Figura 6.10 – Esquema de lactíferos.

## Resumo

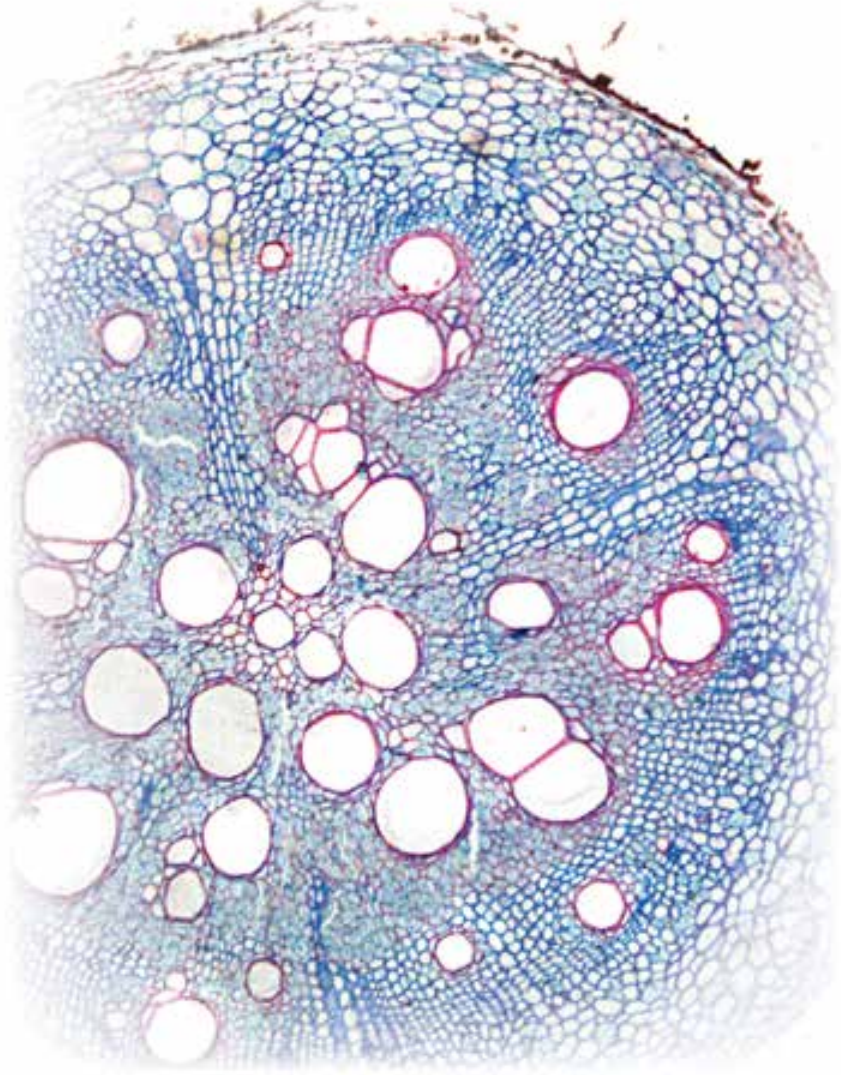
As estruturas secretoras podem ser classificadas em externas e internas. As externas secretam as substâncias para o ambiente e as internas secretam para o interior da estrutura secretora. Dentre as estruturas secretoras externas, encontramos os tricomas glandulares, os quais têm uma ou mais células secretoras, apoiadas num pedúnculo. Estruturas como coléteres, glândulas de sal e glândulas digestivas também são consideradas tricomas com características específicas. Outras estruturas secretoras externas são os nectários e os hidatódios. Os nectários podem ser classificados em florais e extraflorais e seu tecido secretor pode estar na epiderme ou em camadas subepidérmicas. Já os hidatódios são responsáveis pelo processo de gutação. Quanto às estruturas secretoras internas,

citamos as células secretoras, as cavidades e os canais secretores e os laticíferos. As células secretoras também podem ser chamadas de idioblastos e podem secretar e armazenar várias substâncias, como taninos, mucilagens, cristais, óleos essenciais e resinas, entre outras. As cavidades e os canais podem ser de origem lisígena, esquisógena, ou mista. As cavidades ocorrem no tecido e os canais percorrem o tecido ou o órgão em certa extensão, podendo ser identificados em secção longitudinal. Os laticíferos podem ser não articulados ou articulados, ou seja, simples ou compostos por várias células. Os laticíferos articulados podem ainda serem classificados em anastomosados e não anastomosados.

## Referências

- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M. (Ed.). *Anatomia Vegetal*. Viçosa: Editora Folha de Viçosa Ltda., 2003. 438p.
- ESAU, K. *Anatomia das Plantas com Sementes*. São Paulo: EPU-EDUSP, 1974. 293p.
- FAHN, A. *Anatomia Vegetal*. Madrid: H. Blume Ediciones, 1978. 643p.
- MAUSETH, J.D. *Plant Anatomy*. California: The Benjamin/Cummings Publ. Co., 1988. 458p.
- SOUZA, L.A. de. *Morfologia e Anatomia Vegetal: célula, tecidos, órgãos e plântula*. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2003. 259p.

# CAPÍTULO 7





## Órgãos Vegetativos

*Neste capítulo, será apresentada a estrutura anatômica das raízes, caules e folhas, tais órgãos constituem o corpo vegetativo das plantas. As raízes são órgãos especializados na fixação da planta no solo, na absorção de água e nutrientes e na condução destes até o caule que sustenta a planta, faz reserva de nutrientes e porta as folhas de maneira apropriada para o exercício da sua principal função, a fotossíntese. Ao final deste estudo espera-se que você possa compreender e identificar as principais características anatômicas desses órgãos a fim de relacioná-las com suas funções.*



## 7.1 Raiz

### 7.1.1 Origem

Após a germinação das sementes, a radícula do embrião originará a raiz primária da planta adulta. No desenvolvimento do sistema radicular, a raiz primária tem origem exógena e as demais raízes têm origem endógena.

Nas gimnospermas e nas angiospermas, exceto nas monocotiledôneas, a raiz primária é perene e origina o sistema radicular da planta. Nas monocotiledôneas, a raiz primária é efêmera, ou seja, se degenera nos primeiros dias após seu surgimento, e novas raízes surgem a partir do caule, constituindo o sistema radicular adventício.

Todas as raízes se desenvolvem através da atividade do meristema apical radicular, que se localiza na extremidade do órgão e sofre intensas divisões, promovendo o crescimento da raiz, como já visto no Capítulo 2, sobre meristemas.

O meristema apical radicular forma os três tecidos meristemáticos: a protoderme, o meristema fundamental e o procâmbio. A protoderme forma a epiderme; o meristema fundamental forma o córtex e, quando presente, a medula; e o procâmbio, que na raiz tem o formato de um cilindro ocupando o centro do órgão, formará os tecidos vasculares primários, xilema e floema primários e o periciclo, que envolve o cilindro vascular (Figura 7.1).

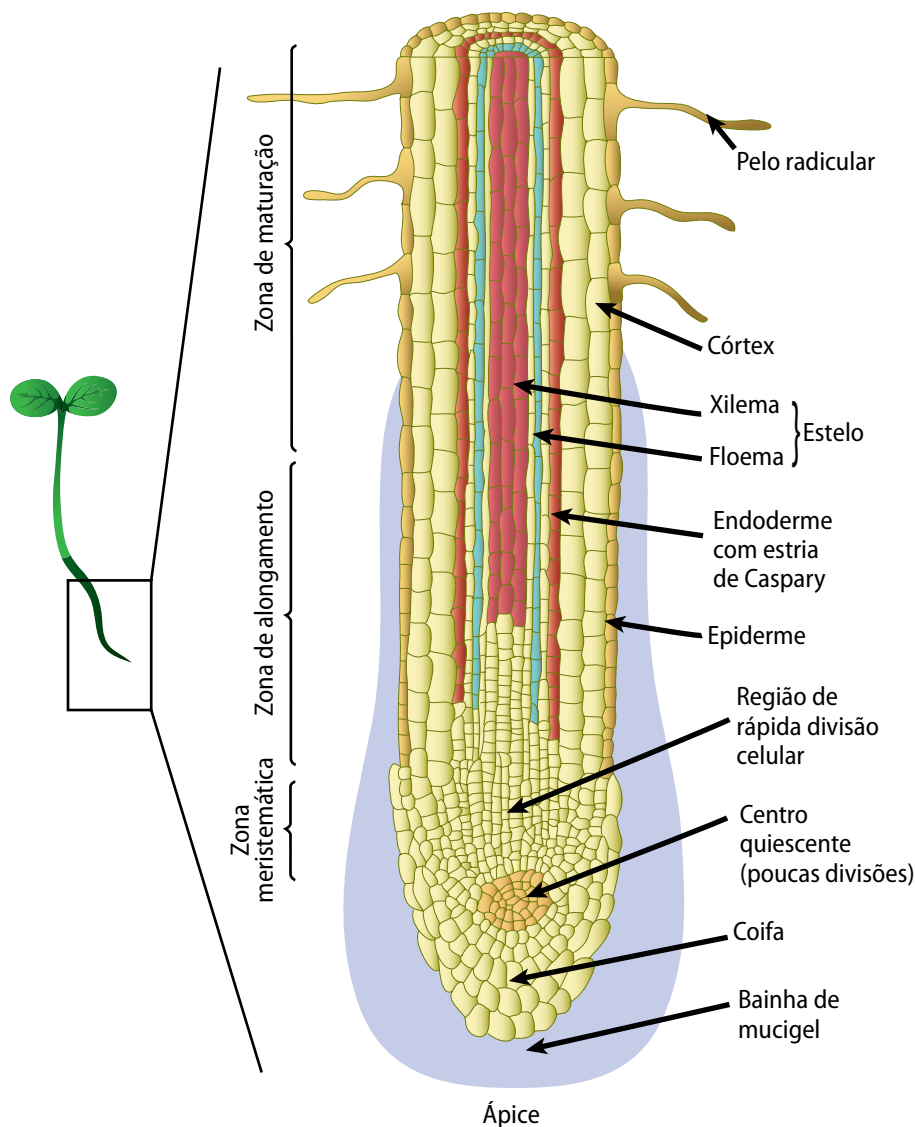
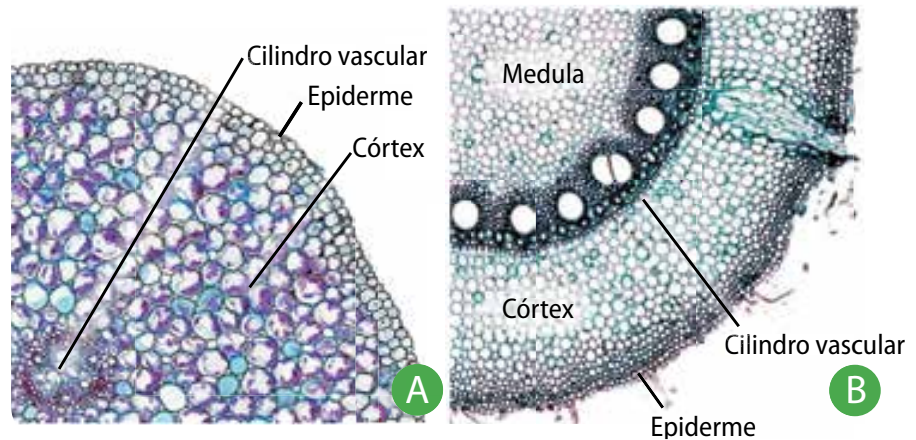


Figura 7.1 - Representação esquemática da raiz.

### 7.1.2 Estrutura Primária

A estrutura primária da raiz é formada pelo meristema apical da raiz, ou seja, apresenta os tecidos originados a partir dos meristemas primários. De fora para dentro, podemos observar o sistema de revestimento, formado pela epiderme, o sistema fundamental, formado pelo córtex, e o sistema vascular, constituído pelo cilindro vascular central (Figura 7.2). A medula está presente em raízes adventícias e se localiza no centro do órgão, internamente ao cilindro vascular, como se observa na Figura 7.2B.

Figura 7.2 – Secções transversais de raízes de espécies de eudicotiledônea (A) e monocotiledônea (B), evidenciando a estrutura primária.



A epiderme é geralmente unisseriada, com células de paredes finas. Posteriormente, se essas células não forem substituídas, podem sofrer espessamento por cutina e suberina, ou até por lignina. Em alguns casos, a epiderme pode apresentar várias camadas, sendo plurisseriada, esse tipo de epiderme é comum em orquídeas e é chamado de **velame**, conforme visto no Capítulo 3.

Na epiderme das raízes são observados os pelos radiculares, que são os principais responsáveis pela absorção de água e de nutrientes do solo. Os pelos são originados de células epidérmicas denominadas **tricoblastos**. São estruturas geralmente unicelulares e alongadas, a fim de aumentar a área celular e a absorção, como se observa na Figura 7.3.

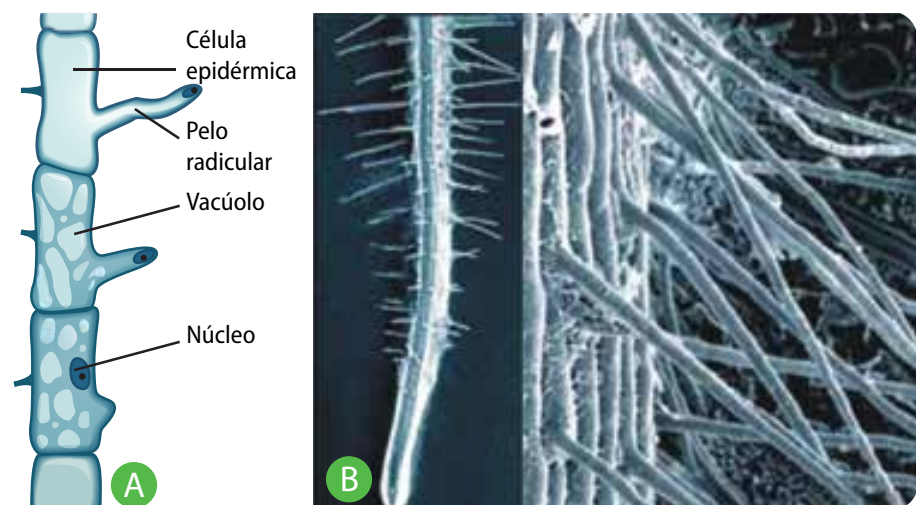


Figura 7.3 – Pelos radiculares. A = Representação esquemática de células epidérmicas que originam os pelos radiculares. B = Eletromicrografias de varredura evidenciando os pelos radiculares responsáveis pela absorção de água e de nutrientes do solo.

O córtex geralmente é parenquimático, e por isso é denominado **parênquima cortical** ou **córtex parenquimático**, podendo ocorrer aerênquima, principalmente em raízes de plantas aquáticas e parênquima clorofiliano em raízes de plantas epífitas (Figura 7.4).

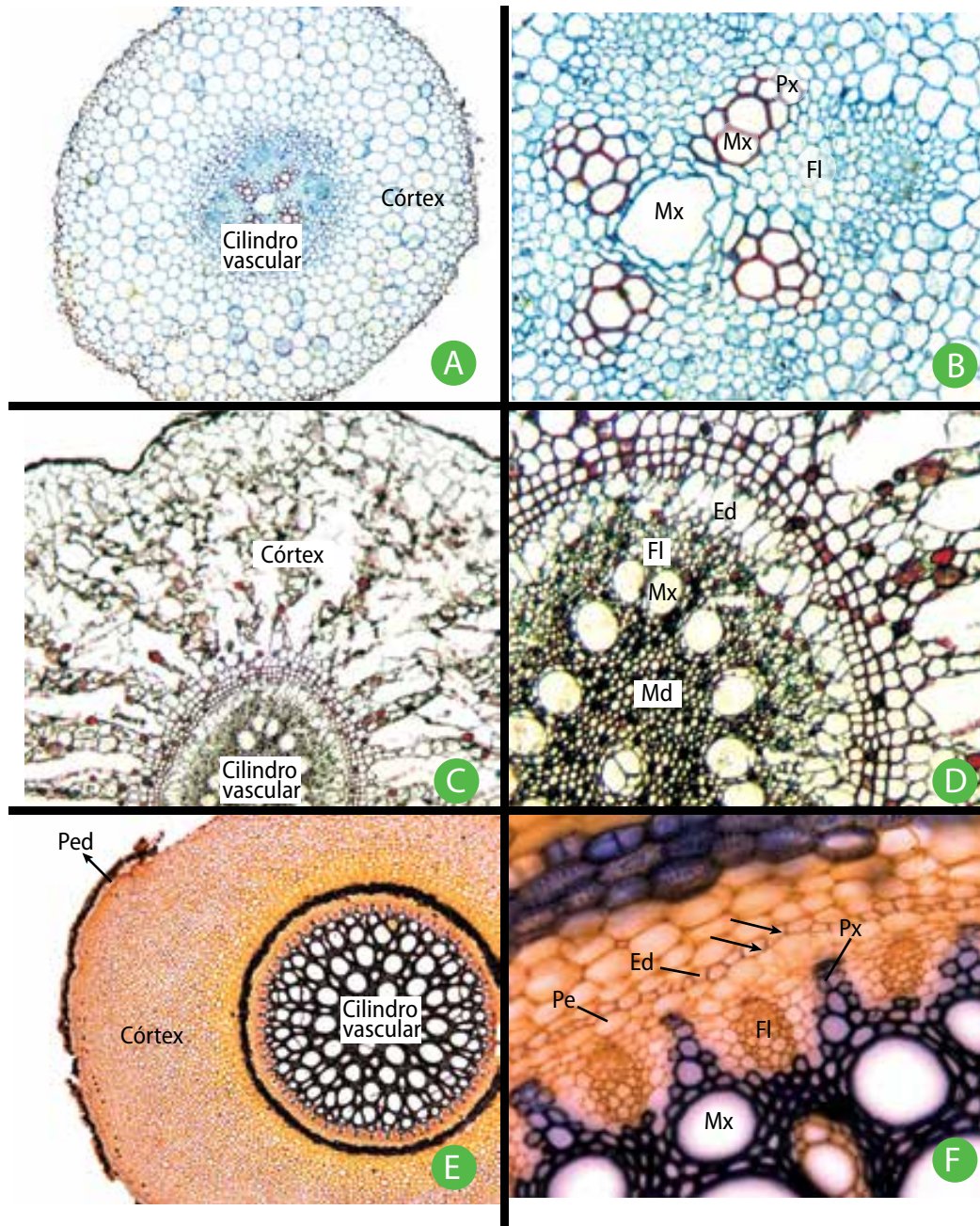


Figura 7.4 – Seções transversais de raízes evidenciando região cortical e cilindro vascular. A-B = Eudicotiledônea; C-F = Monocotiledônea. Observam-se endoderme (Ed) com estrias de Caspary (F, setas); periciclo (Pe); protoxilema (Px); metaxilema (Mx); floema (Fl) e medula (Me). Nas raízes o protoxilema é exarco. Observa-se ainda, em E, a presença de periderme (Ped).

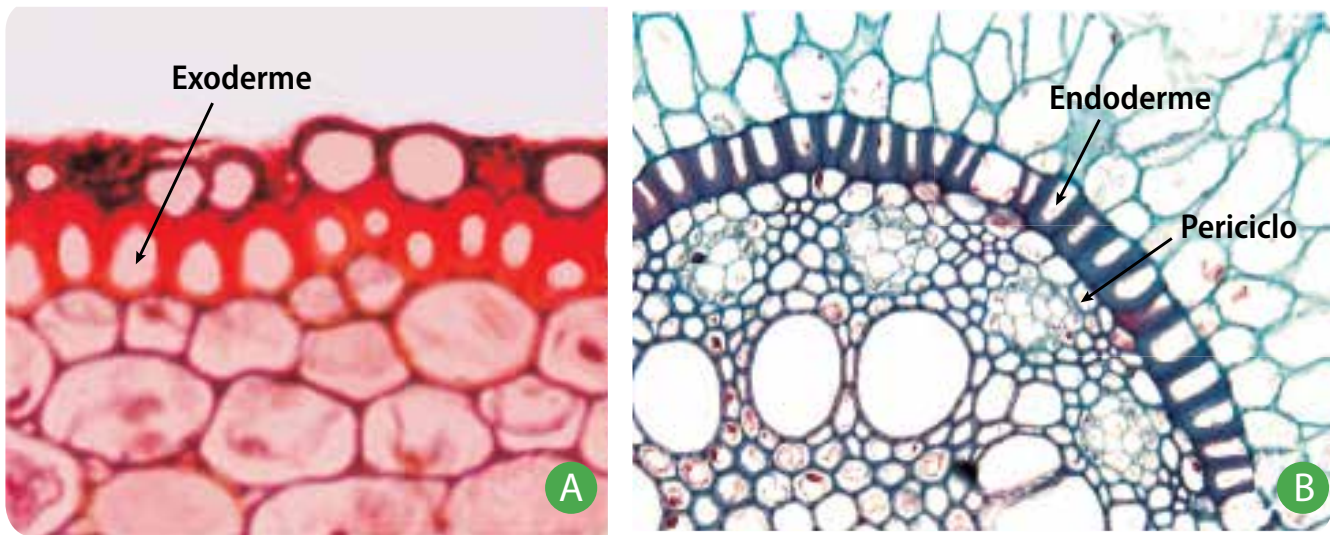


Figura 7.5 – Secções transversais de raízes evidenciando a camada mais externa do córtex, a exoderme, com células espessadas (A), e a camada mais interna do córtex, a endoderme, com espessamento em “U”, seguida pelo periciclo (B).

A camada mais externa do córtex pode se apresentar diferenciada, sendo denominada **exoderme**. A exoderme pode representar um reforço na proteção da raiz, possuindo células com deposição de suberina em forma de **estrias de Caspary** ou por toda a parede da célula (Figura 7.5A).

A camada mais interna do córtex da raiz é denominada **endoderme** (Figuras 7.4D, 7.4 F, e 7.5B). O primeiro estágio de diferenciação da endoderme é a presença de estrias de Caspary (figura 7.4F). A estria de Caspary circunda as paredes anticlinais da célula, sejam transversais ou radiais, formando um anel ao redor da célula.

As células da endoderme com as estrias de Caspary exercem uma função importante na absorção de água pela planta. As células encontram-se justapostas e possuem o espessamento entre elas. A água penetra na raiz por duas vias. Na via simplasto, a água é absorvida célula a célula, passando pela seletividade da membrana plasmática até chegar à endoderme e elementos vasculares. Na via apoplasto, a água é absorvida por capilaridade na parede celular, e vai em direção ao cilindro central sem ser selecionada pela membrana plasmática. Entretanto, no momento em que chega à endoderme, é bloqueada pelas estrias de Caspary e é obrigada a passar pela membrana plasmática para entrar no cilindro vascular (Figura 7.6). Ou seja, mesmo na via apoplasto, a água passa pela seletividade da membrana plasmática, graças à presença das estrias de Caspary.

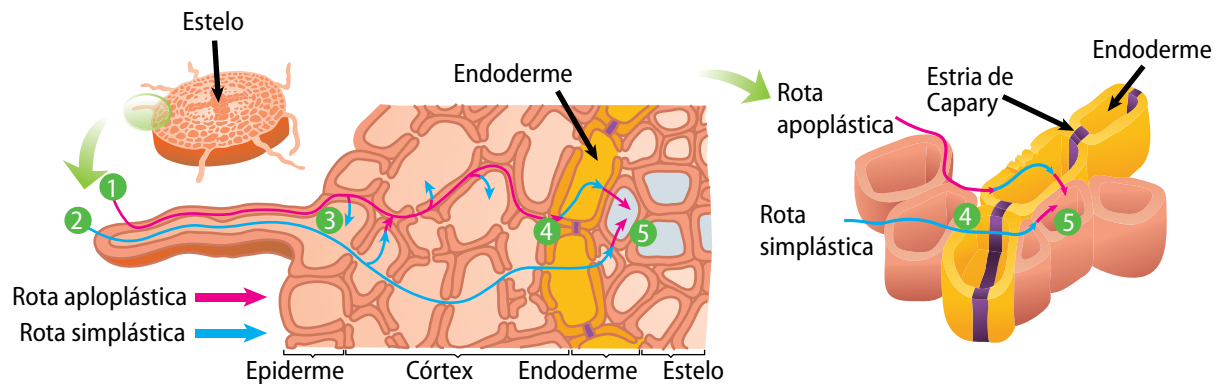


Figura 7.6 – Representação esquemática das rotas simplástica e apoplástica na absorção da água pelas raízes. Na rota apoplástica a água passa pela seletividade da membrana plasmática graças à presença das **estrias de Caspary** nas células da endoderme.

O segundo estágio de desenvolvimento da endoderme é a presença de lamela de suberina em volta de toda a célula, sendo este o terceiro estágio de desenvolvimento. Em espécies nas quais as raízes não crescem em espessura, as células da endoderme podem sofrer um espessamento da parede. O espessamento da parede pode ocorrer por toda a parede da célula, o que em secção transversal confere o aspecto em “O”, chamado de **espessamento em O**, ou pode estar ausente na parede periclinal externa, conferindo, em secção transversal, o aspecto em “U” (Figura 7.5B). Algumas células em frente aos polos de protoxilema podem não sofrer esse espessamento, para permitir a entrada de substâncias, e permanecer somente com as estrias de Caspary. Essas células são chamadas de células de passagem. Posteriormente, com o desenvolvimento da raiz, as **células de passagem** podem sofrer espessamento completo de suas paredes em regiões onde não ocorre mais absorção.

O sistema vascular primário na raiz é formado pelo cilindro vascular (estelo), que possui uma posição central. O cilindro vascular é composto por xilema e floema primários e é envolto por uma ou mais camadas de periciclo (Figura 7.4F e 7.5B).

O xilema na raiz se apresenta na parte central com projeções periféricas, entre as quais se encontram os elementos do floema. O xilema primário é exarco na raiz, isto é, o xilema mais antigo (arcaico), o protoxilema, é externo. Já o metaxilema é interno, sendo o sentido da maturação centrípeto. O floema sofre a diferenciação no mesmo sentido que o xilema; o protofloema é externo ao metafloema (Figura 7.4B e F).



As raízes podem ser classificadas de acordo com o número de projeções ou polos de protoxilema. Quando há um, dois, três ou quatro polos, a raiz é denominada **monarca**, **diarca**, **triarca** e **tetrarca**, respectivamente. Quando há muitos polos de protoxilema, a raiz é chamada de **poliarca** (Figura 7.7).

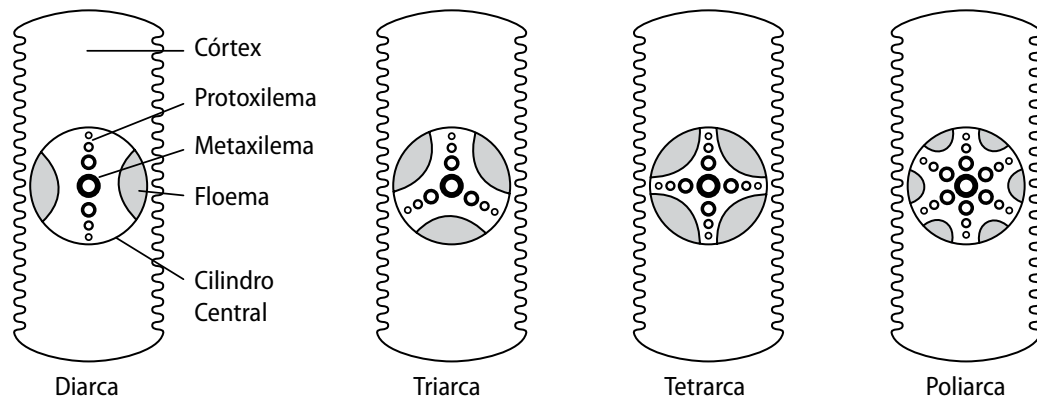


Figura 7.7 – Representação esquemática dos estelos de raízes. Quando dois, três ou quatro polos, a raiz é denominada diarca, triarca e tetrarca, respectivamente. Quando há muitos polos de protoxilema, a raiz é chamada de poliarca.

O número de polos de protoxilema geralmente caracteriza os grupos de plantas. As monocotiledôneas se diferenciam por apresentarem raízes adventícias com muitos polos de protoxilema (Figura 7.4D 7.4E). Já as demais angiospermas e as gimnospermas são caracterizadas por apresentar, geralmente, poucos polos de protoxilema, ou seja, são comumente diarcas, triarcas ou tetrarcas (Figuras 7.2A e 7.4A).

Em raízes adventícias, o centro da raiz é ocupado pela medula, que geralmente é parenquimática (Figuras 7.2B e 7.4D). Como não há crescimento secundário em raízes de monocotiledôneas, elas estão presentes por toda a vida da planta, e algumas células parenquimáticas, corticais e medulares podem sofrer espessamento e lignificação da sua parede e se transformar em esclerênquima.

### 7.1.3 Estrutura Secundária

A estrutura secundária nas raízes é formada pelo acréscimo de tecidos secundários produzidos pelos meristemas laterais, pelo câmbio vascular e pelo felogênio (Figura 7.8).

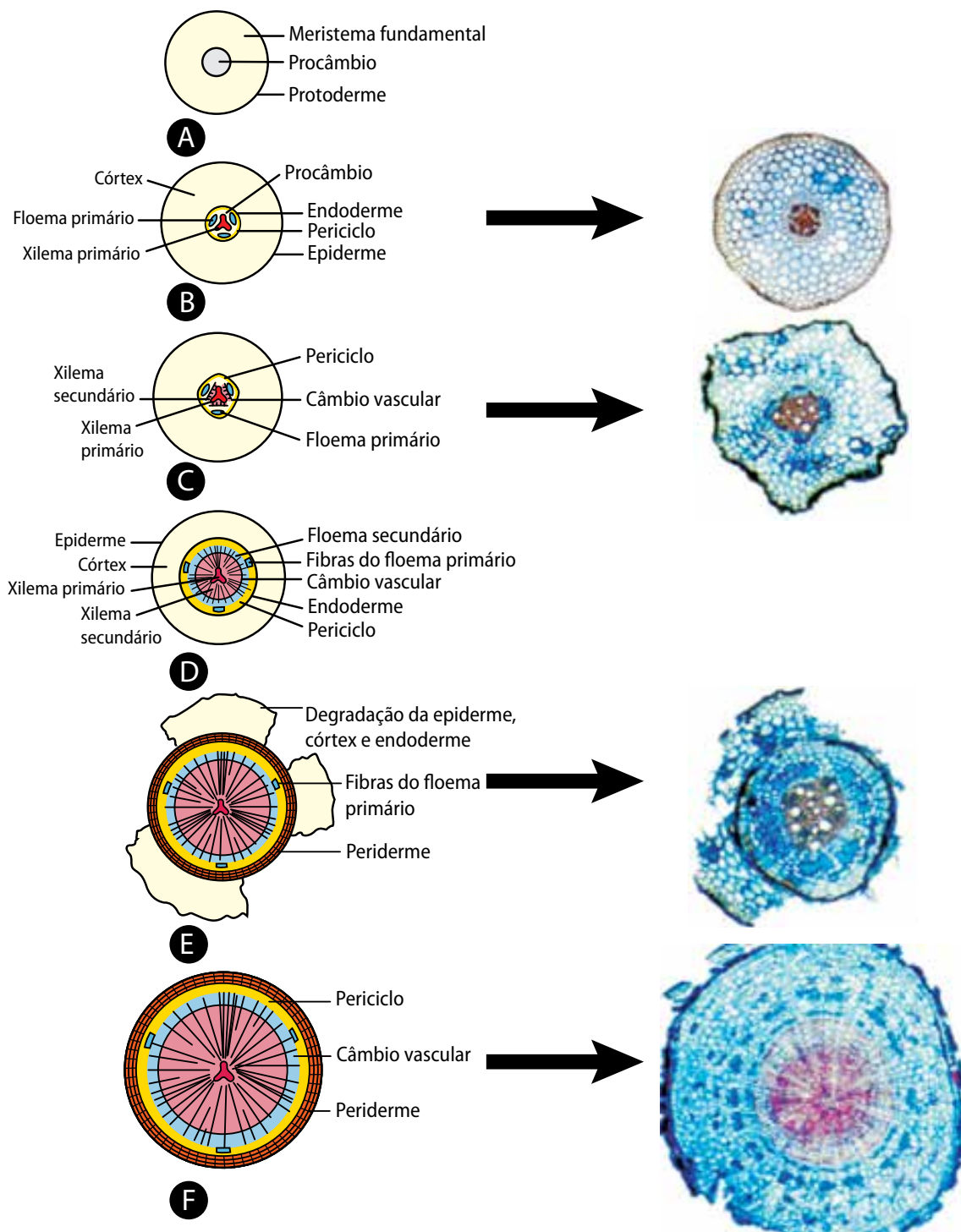


Figura 7.8 – Representação esquemática das estruturas primária e secundária de raiz de espécie de eudicotiledônea.

O câmbio vascular é originado, em parte, por células procambiais que não se diferenciaram em xilema ou em floema primários e, em parte, pelo periciclo localizado em frente aos polos de protoxilema (Figura 7.9A).

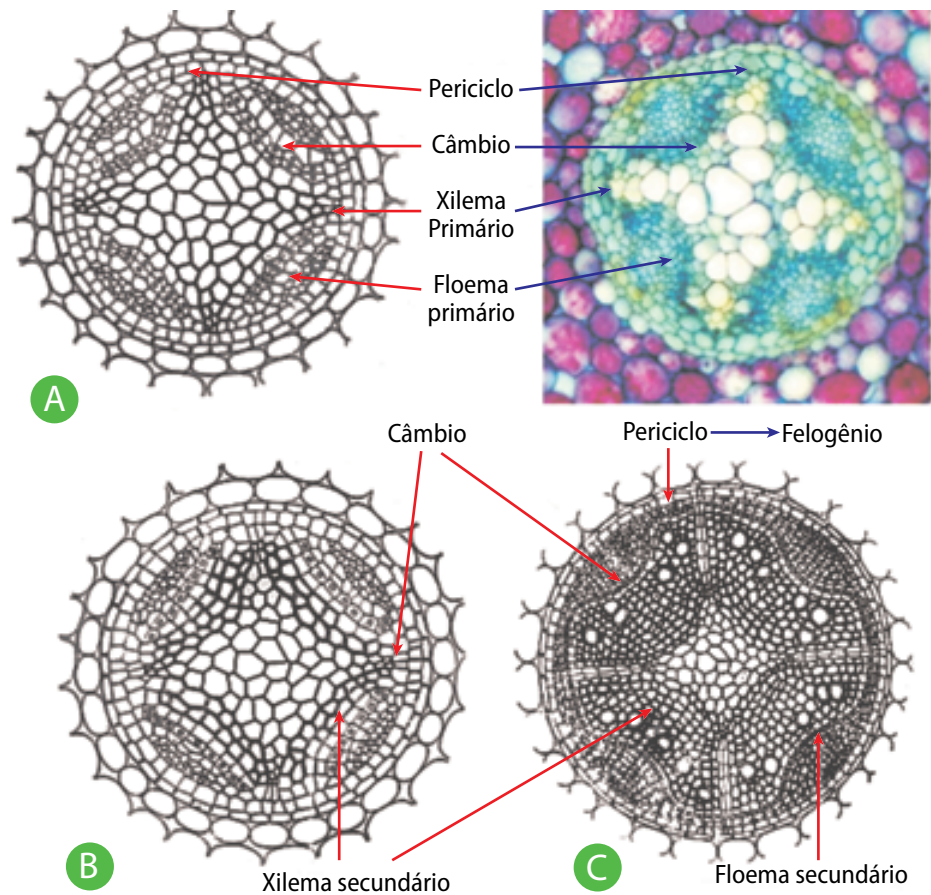


Figura 7.9 – Representação esquemática da passagem da estrutura primária para a estrutura secundária de raiz, evidenciando a formação do câmbio vascular.

O câmbio originado do procâmbio inicia primeiro a sua atividade, formando os tecidos vasculares secundários (Figura 7.9). Ele apresenta as duas iniciais, as fusiformes e as radiais. Posteriormente, o câmbio de origem pericíclica, em frente ao polo de protoxilema, inicia sua atividade. Esse câmbio, geralmente, é composto apenas por iniciais radiais, formando raios largos (Figuras 7.9 e 7.10). O xilema primário permanece no centro do órgão (Figura 7.8, 7.9 e 7.10)

Para acomodar o aumento de tecidos, o periciclo também forma o felogênio, que, por sua vez, forma a periderme, em substituição à epiderme (Figura 7.8E e F). Com o crescimento contínuo e a atividade dos meristemas laterais, os tecidos que ficavam externos ao periciclo, como córtex e epiderme, são eliminados (Figura 7.8E e F). Em raízes que não crescem em espessura, como as espécies de monocotiledôneas, o córtex e a epiderme podem permanecer.

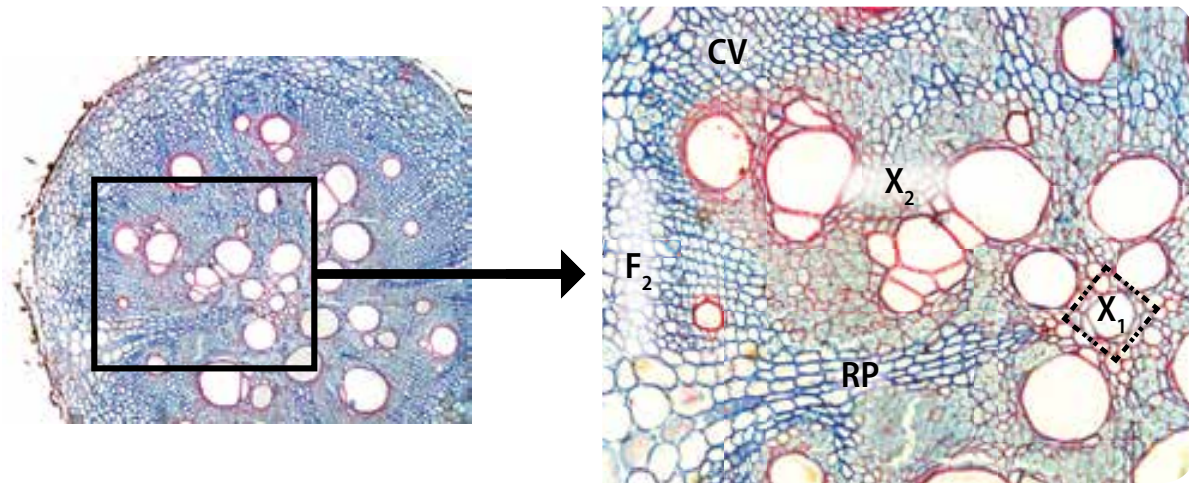


Figura 7.10 – Secção transversal da raiz de feijão (*Phaseolus vulgaris*) em crescimento secundário. Observa-se o câmbio vascular formando xilema secundário ( $X_2$ ) para dentro e floema secundário ( $F_2$ ) para fora. Observam-se também os raios parenquimáticos (RP) largos formados pelo câmbio de origem pericíclica e o xilema primário ( $X_1$ ) (região pontilhada) no centro do órgão.

### 7.1.4 Raízes Laterais

As raízes laterais, diferentemente da radícula, são de origem endógena, isto é, têm origem em regiões internas da raiz. As raízes laterais são originadas de divisões anticlinais e periclinais do periciclo e crescem continuamente através do córtex. Gradualmente, há o crescimento dessas raízes, que penetram o córtex até que ele se rompa e estas se tornem externas (Figura 7.11).

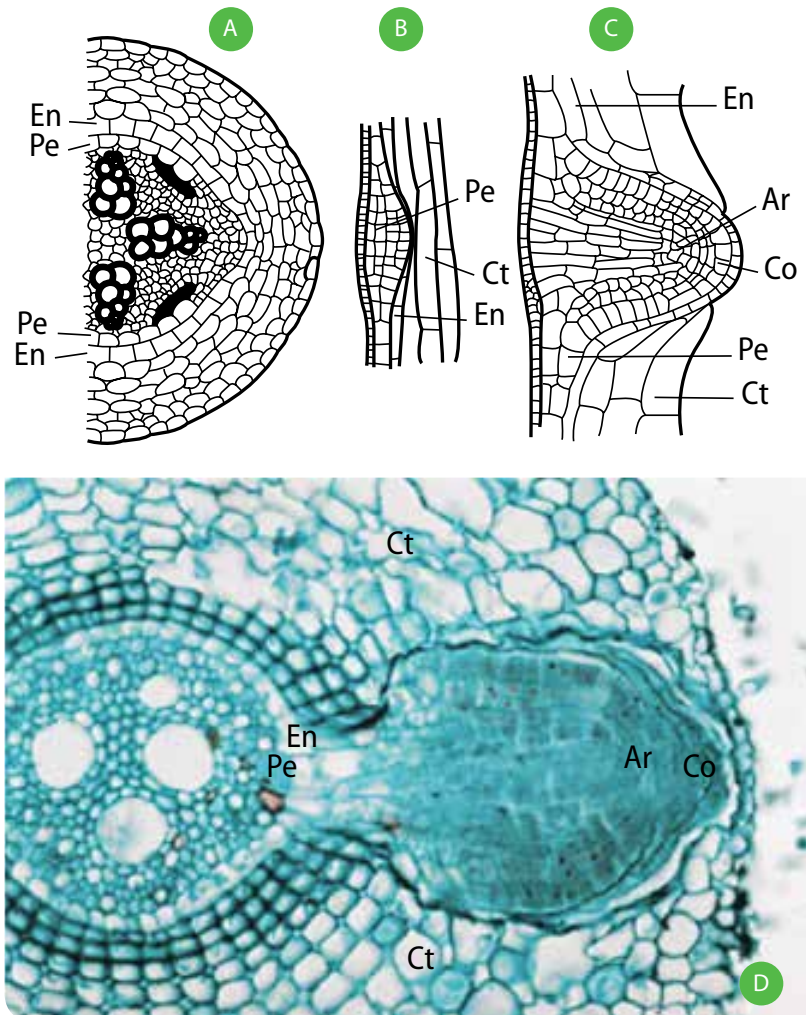


Figura 7.11 – Formação de raízes laterais a partir do periciclo. A-C = Representação dos estágios iniciais; D = Secção transversal da raiz de espécie de monocotiledônea, evidenciando a raiz lateral formada. (Em) = endoderme; (Pe) = periciclo; (Ct) = córtex; (Ar) = ápice radicular; (Co) = coifa.

## 7.2 Caule

### 7.2.1 Origem

O caule se origina durante o desenvolvimento do embrião. Conforme destacado na Figura 7.12, durante a germinação, observam-se o hipocótilo e a radícula. Na porção superior do hipocótilo ocorrem um ou mais cotilédones e o primórdio de gema, o qual pode ser um simples meristema ou estar organizado em nós e entrenós curtos, chamados de **plúmula**. A parte caulinar situada entre os cotilédones e a plúmula é denominada **epicótilo**. Já o hipocótilo corresponde à porção caulinar situada abaixo do nó cotiledonar, cuja parte terminal interior originará a raiz da nova planta. A delimitação entre as duas partes (**região de transição**) não pode ser detectada apenas pela morfologia externa. Durante a germinação, o meristema apical promove a adição de novas folhas e o aumento do eixo, diferenciando os nós e entrenós.

### 7.2.2 Organização

O caule é o órgão da planta que sustenta as folhas e as estruturas de reprodução, e estabelece contato entre esses órgãos e as raízes. Externamente, os caules são caracterizados por apresentarem regiões denominadas nós, onde as folhas se fixam. Entrenós são regiões que separam dois nós consecutivos. Acima do ponto de inserção de cada folha, desenvolvem-se as gemas axilares, que se localizam nas axilas foliares. Na porção terminal do caule, encontra-se a gema apical, formada por uma região meristemática, primórdios foliares e gemas axilares em desenvolvimento. A organização do meristema apical caulinar pôde ser vista no Capítulo 2.

### 7.2.3 Estrutura Primária

Numa secção transversal do caule jovem, em locais onde os tecidos provenientes do meristema apical estão diferenciados, podem-se reconhecer quatro regiões, de fora para dentro, respectivamente: epiderme (sistema de revestimento), córtex e medula (sistema de preenchimento) e cilindro vascular (sistema vascular)

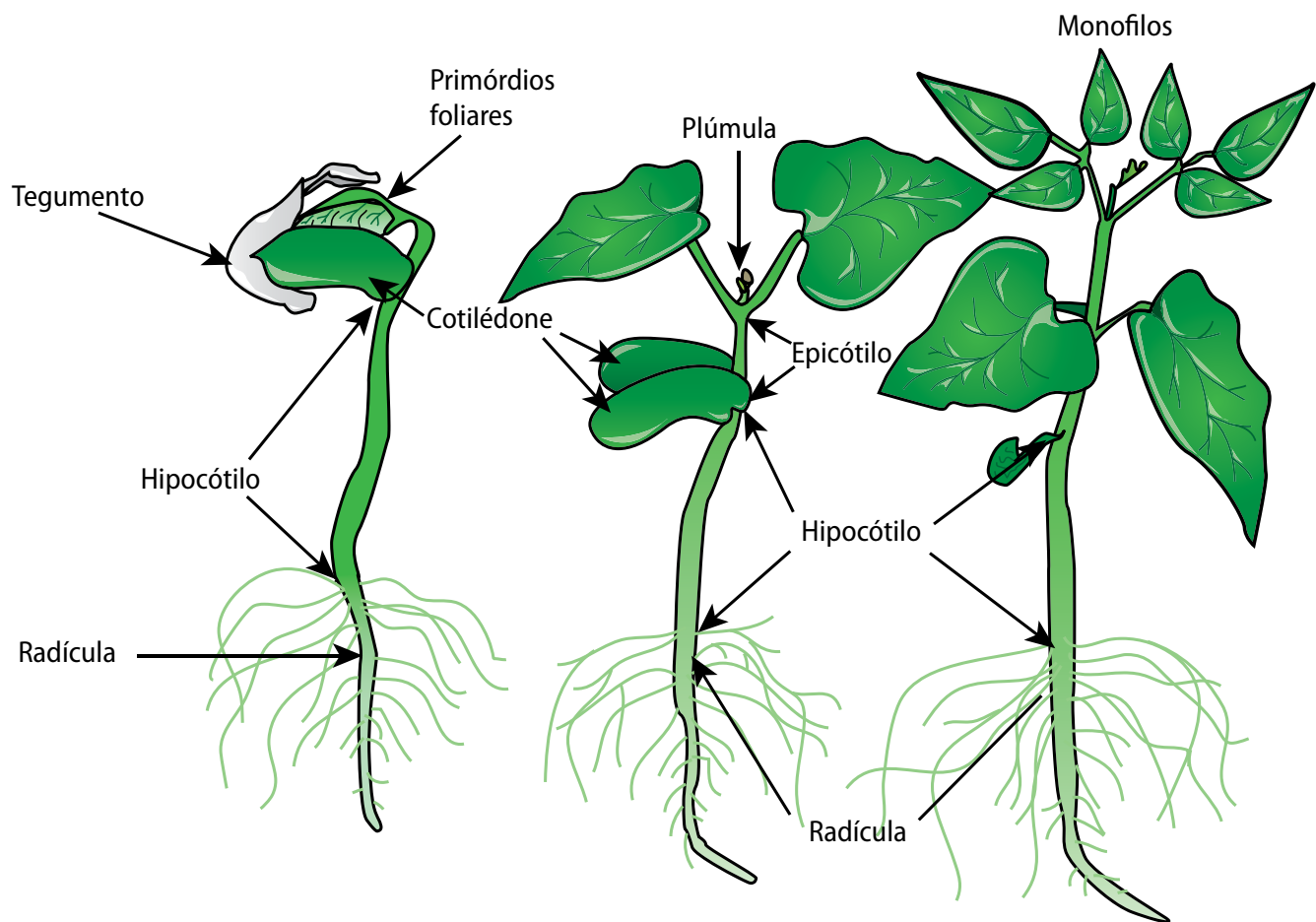


Figura 7.12 – Formação do caule após o desenvolvimento do embrião. A parte caulinar situada entre os cotilédones e a plúmula é chamada de epicótilo.

– conforme se observa na Figura 7.13.

A **epiderme**, ou **sistema de revestimento**, se origina da protoderme, apresenta normalmente uma camada de células revestidas por cutícula e pode apresentar estômatos e tricomas de vários tipos (Figura 7.14).

O córtex tem natureza colenquimática e/ou parenquimática (Figura 7.14). Em algumas espécies, o córtex pode ser dividido em externo (ou hipoderme) e interno (Figura 7.14C). As regiões resultantes dessa divisão são normalmente parenquimáticas e são reconhecidas, principalmente, pelas diferenças entre as células, espaços intercelulares e, muitas vezes, pelo conteúdo que apresentam. O colênquima, quando ocorre, se apresenta em cordões

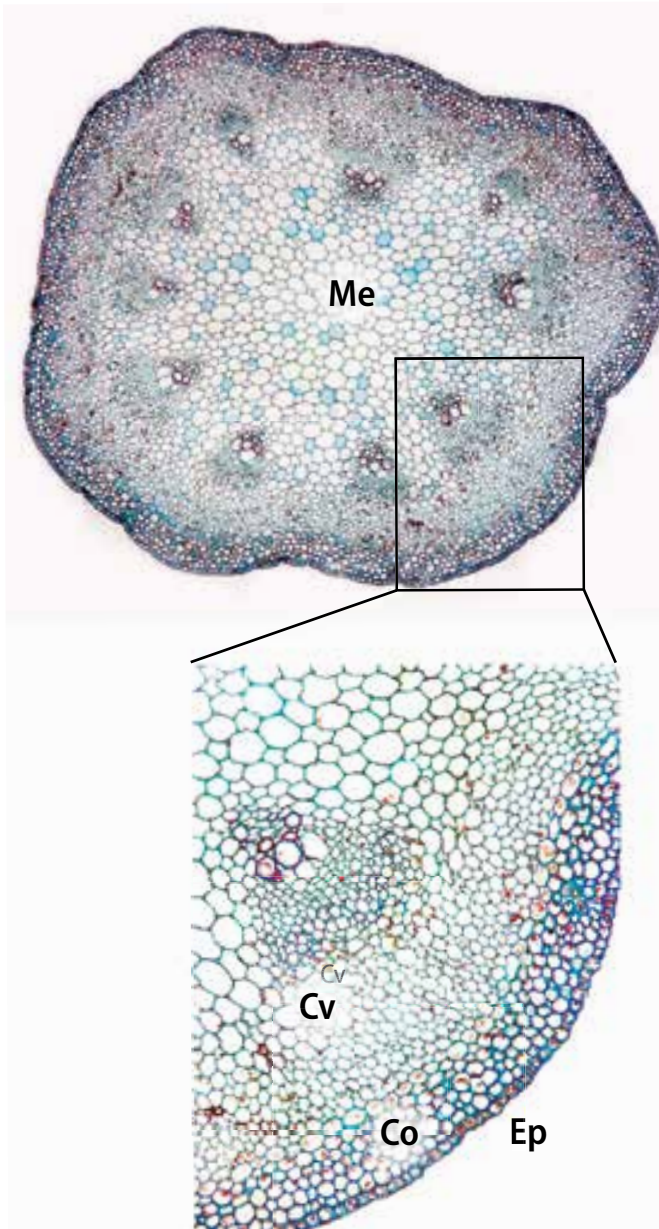


Figura 7.13 – Fotomicrografia do caule primário, em seção transversal, mostrando a epiderme (Ep), o córtex (Co), a medula (Me) e o cilindro vascular (CV).

ou em uma faixa contínua de células, assim como o parênquima clorofiliano (Figuras 7.14D e E). Em algumas espécies de monocotiledôneas, o esclerênquima, e não o colênquima, desenvolve-se como tecido de sustentação (Figura 7.14C); em outras espécies, principalmente as aquáticas, o córtex interno pode se desenvolver em aerênquima (Figura 7.14F).

O limite interno do córtex é feito pela **endoderme**, que pode apresentar estrias de Caspary (Figura 7.15A-B). Em caules jovens, a endoderme pode conter grãos de amido, nesses casos, é denominada **bainha amilífera** (Figura 7.15 C). Quando a endoderme não apresenta nenhuma característica especial (amido ou espessamento), a delimitação entre o córtex e o cilindro central é difícil, ou não pode ser feita. Mesmo assim, há sempre uma camada com características químicas e fisiológicas, a endoderme (que pode não estar associada à especialização morfológica).

O cilindro vascular é constituído por periciclo, tecidos vasculares e medula. O periciclo localiza-se internamente à endoderme e representa a camada periférica do cilindro vascular. Pode ser unisseriado ou plurisseriado, de natureza parenquimática ou esclerenquimática. O periciclo esclerenquimático pode ocorrer em espécies de *Cucúrbita*

e *Aristolochia* (Figura 7.16), nas quais se apresenta como uma bainha esclerenquimática contínua. As células do periciclo têm alta capacidade de divisão celular. Nos caules que crescem em espessura, o periciclo forma o câmbio interfascicular. Ele pode, ainda,

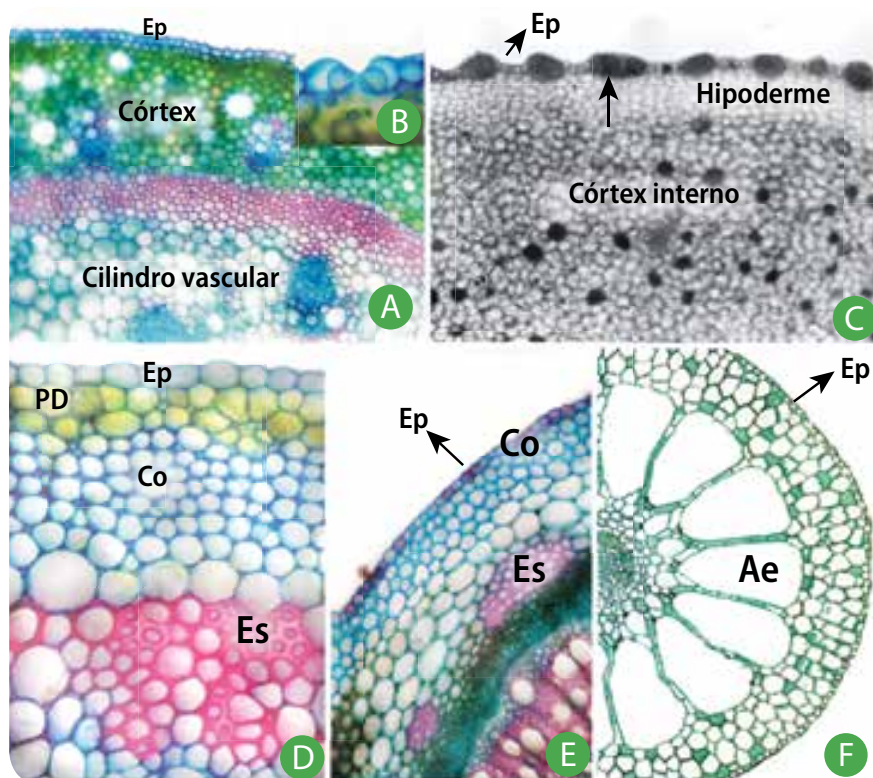


Figura 7.14 – Secções transversais de caules em estrutura primária de espécies vegetais. A = Vista geral. B = Detalhe do estômato. C = Observa-se o córtex dividido em externo (hipoderme) e interno, e, também a ocorrência de cordões de esclerênquima subepidémico (seta), como tecido de sustentação; D-E = Parênquima clorofiliano (PC) e colênquima (Co); F = Detalhe do aerênquima. (Ep) = epiderme; (Es) = esclerênquima.

produzir as raízes adventícias.

Nos caules, o sistema vascular primário origina-se do procâmbio e está organizado em feixes vasculares. Nas eudicotiledôneas, o sistema vascular está organizado na forma de um cilindro oco ou de um anel de feixes concêntricos separados por parênquima ao redor da medula central (Eustelo) (Figura 7.17). Nas monocotiledôneas, os feixes vasculares não se organizam concentricamente, aparecendo dispersos no parênquima fundamental (Atactostelo) (Figura 7.18).

Os feixes vasculares são formados por xilema e floema primários. Podem ser classificados em **colaterais**, **bicolaterais**, **anfivasais** e **anficrivais**, conforme visto no Capítulo 5. O xilema primário, no caule, tem maturação centrífuga, ou seja, do centro para a periferia, estando o protoxilema voltado para o interior do caule e o metaxilema para o exterior. Nesse caso, o protoxilema é endarco (Figura 7.19), diferentemente do que ocorre nas raízes, nas



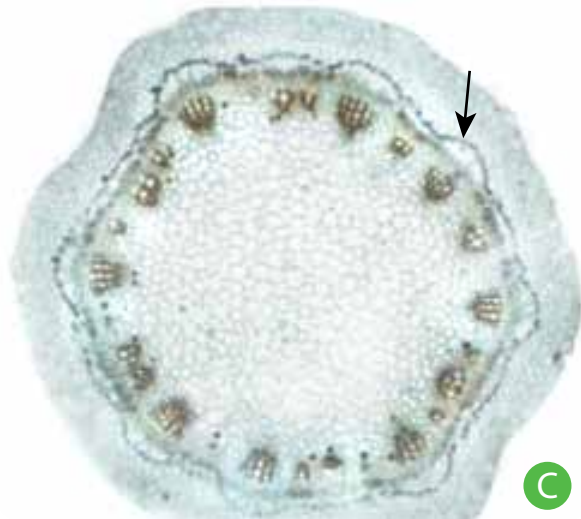
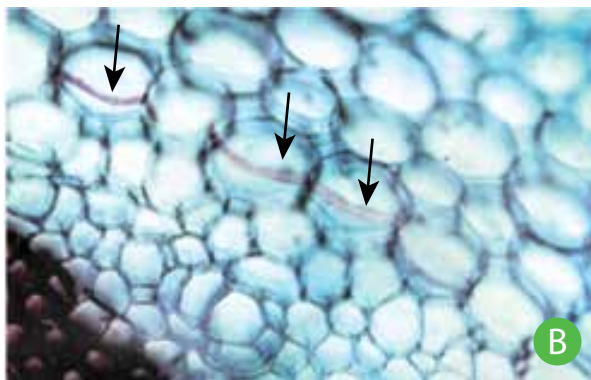
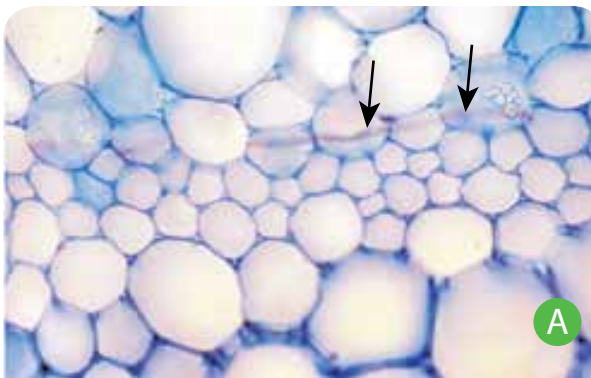


Figura 7.15 – Fotomicrografias de secções transversais do caule na região da endoderme. A-B = Setas indicam as estrias de Caspary; C = Vista geral do caule com seta indicando a bainha amilífera.

quais o protoxilema é exarco. O floema primário, assim como nas raízes, tem o protofloema externo e o metafloema interno.

A medula ocorre internamente ao sistema vascular, na região central, e é formada por tecido parenquimático (Figuras 7.13 e 7.17), podendo esclerificar-se em caules mais velhos. Em alguns caules, a parte central da medula é destruída durante o crescimento do órgão, formando os chamados **caules fistulosos**, como em algumas espécies escandentes (Figuras 7.16B e 7.19).

#### 7.2.4 Estrutura Secundária

Após o completo crescimento primário ter ocorrido, o caule das espécies de gimnospermas e angiospermas, exceto das monocotiledôneas, desenvolve também o crescimento em espessura, ou crescimento secundário. Conforme já estudado no Capítulo 2, o crescimento secundário só ocorre graças à instalação de dois meristemas secundários ou laterais, o **câmbio vascular** e o **felogênio**.

O câmbio vascular, no caule, tem origem, em parte, do periciclo e, em parte, do procâmbio. Sendo assim, nos caules, o periciclo origina o câmbio interfascicular (que ocorre entre os feixes) (Figuras 7.17 e 7.20) e o procâmbio forma o câmbio fascicular (que ocorre dentro do feixe) (Figuras 7.17 e 7.20). Dessa forma, os dois câmbios se unem e constituem o câmbio vascular, que tem a forma de um cilindro contínuo, entre xilema e floema primários (Figura 7.17).

Quando o câmbio entra em atividade (Figura 7.21), produz, por divisões periclinais, xilema secundário para dentro e floema secundário para fora. Através de divisões anticlinais, o câmbio promove

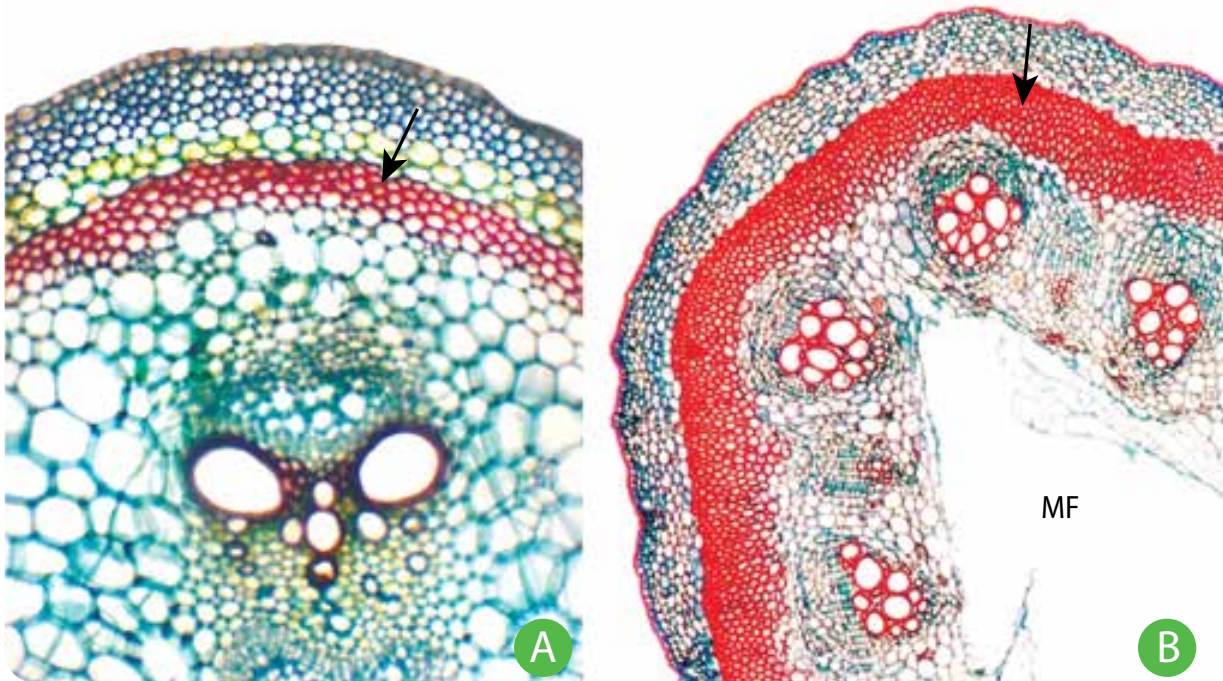


Figura 7.16 – Secções transversais do caule. A = *Cucurbita* sp.; B = *Aristolochia* sp. Observa-se periciclo plurisseriado, constituindo uma bainha esclerenquimática contínua (seta).

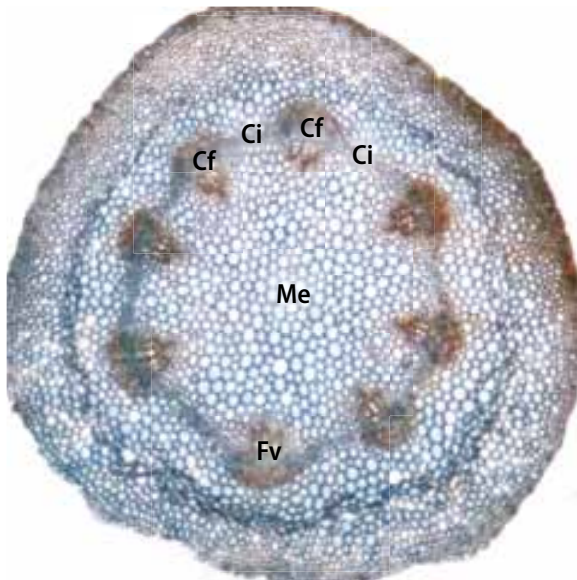


Figura 7.17 – Fotomicrografia de caule em secção transversal, com sistema vascular do tipo Eustelo, característico das eudicotiledôneas, cujos feixes se organizam ao redor da medula (Me); observam-se também o câmbio fascicular (CF) e o interfascicular (CI).

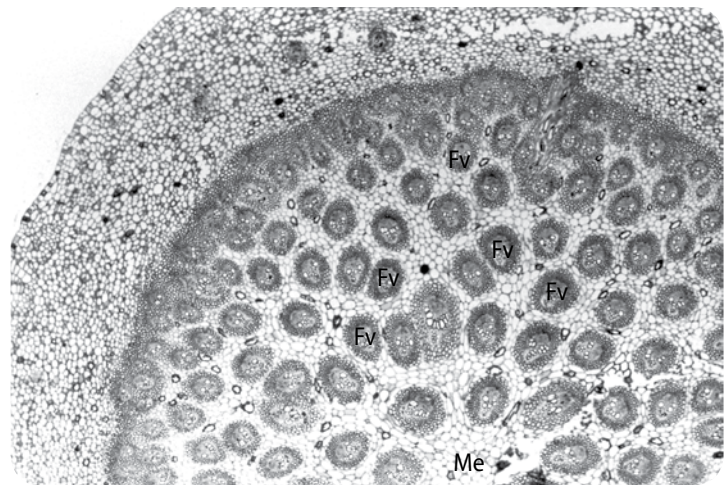


Figura 7.18 – Fotomicrografia de caule, em secção transversal, com organização do sistema vascular do tipo Atactostelo, característico das monocotiledôneas.

o crescimento em espessura do órgão. Com a atividade cambial e a produção dos tecidos secundários, os tecidos primários vão se distanciando cada vez mais, sendo o floema primário empurrado para a periferia e o xilema primário para mais próximo da medula (Figura 7.21B). Para acompanhar o avanço desse crescimento, as células corticais são comprimidas ou sofrem divisões anticlinais.

A epiderme não consegue acompanhar o crescimento em espessura do órgão por muito tempo, sendo substituída pela periderme, que se forma a partir do felogênio, conforme foi visto nos Capítulos 2 e 3. Nos caules das eudicotiledôneas, o felogênio forma-se a partir de camadas subepidérmicas de parênquima ou colênquima, mas, raramente, pode ter origem em camadas profundas do parênquima cortical, ou ainda, do floema primário (Figura 7.21).

A maioria das espécies de monocotiledôneas não tem crescimento secundário no caule, que permanece com os tecidos primários por toda a vida da planta. Entretanto, algumas espécies de monocotiledôneas desenvolvem, em continuidade com o meristema de espessamento primário (MEP), o meristema de espessamento secundário (MES), como observado na Figura 7.22. Quando em atividade, o MES forma feixes vasculares internamente e células

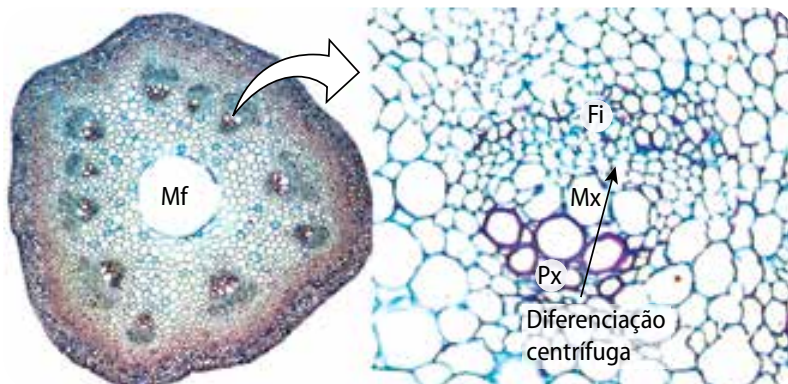


Figura 7.19 – Fotomicrografia de caule de *Aristolochia* sp., em seção transversal, mostrando o estelo do tipo eustelo com feixes vasculares colaterais com protoxilema (Px) endarco, ou seja, protoxilema interno e metaxilema (Mx) externo. (Fi) = floema; (Mf) = medula fistulosa.

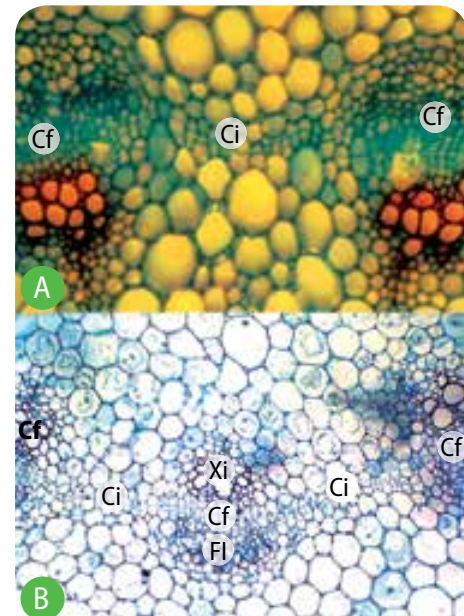


Figura 7.20 – Fotomicrografias do caule, em seções transversais, de espécie de eudicotiledônea em crescimento secundário. A = O periciclo origina o câmbio interfascicular (que ocorre entre os feixes); B = O procâmbio forma o câmbio fascicular (que ocorre dentro do feixe).

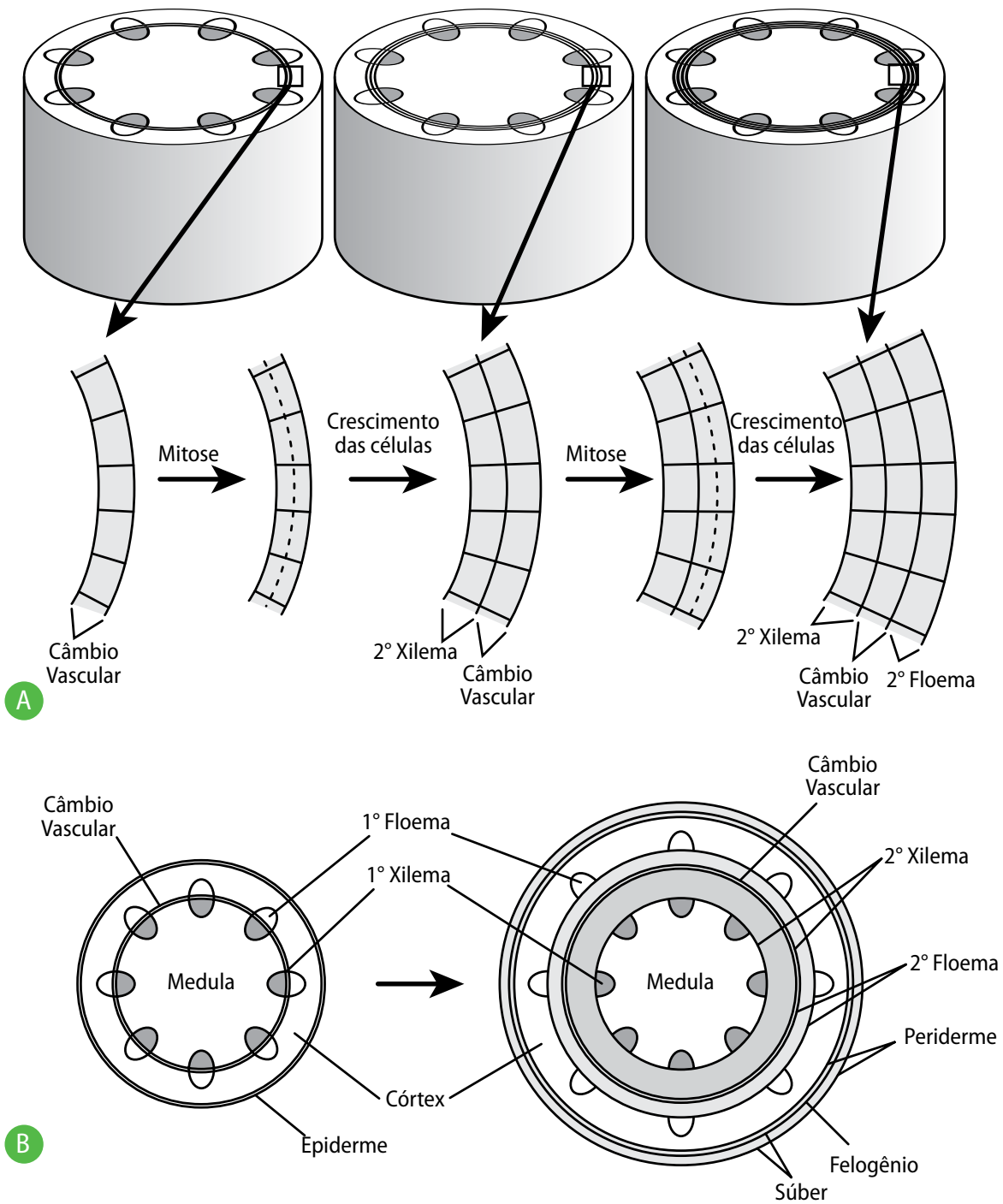


Figura 7.21 – Representação esquemática mostrando a atividade do câmbio vascular. A = Divisões periclinais produzindo xilema secundário para dentro e floema secundário para fora; B = Atividade cambial distancia o floema primário para a periferia e o xilema primário para mais próximo da medula.

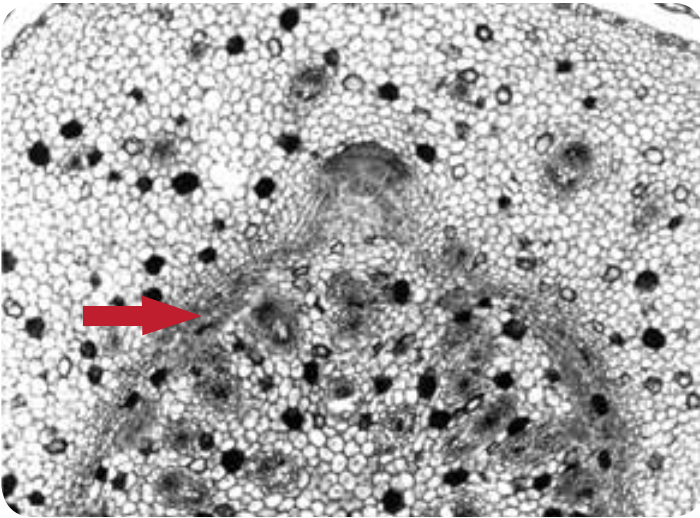


Figura 7.22 – Fotomicrografia de caule de espécie de monocotiledônea em crescimento primário, mostrando o meristema de espessamento primário (seta).

parenquimáticas externamente.

Nas palmeiras, o espessamento do caule se dá de maneira diferente, e é denominado **crescimento difuso**. Tal crescimento ocorre por divisões e crescimento celular do parênquima fundamental, sem que haja uma faixa meristemática contínua.

Com o crescimento secundário avançado, algumas espécies de monocotiledôneas desenvolvem um tipo especial de tecido protetor, o súber estratificado. Esse tecido é formado a partir de grupos de células parenquimáticas corticais que começam a sofrer divisões periclinais para fora, formando pilhas de células cujas paredes posteriormente se suberificam. Como a diferenciação das células corticais em células meristemáticas não é contínua, ao longo da circunferência do órgão, o tecido resultante não é uniforme.

Como a diferenciação das células corticais em células meristemáticas não é contínua, ao longo da circunferência do órgão, o tecido resultante não é uniforme.

## 7.3 Folha

### 7.3.1 Origem

As folhas são originadas no ápice caulinar – através de divisões periclinais nas camadas superficiais –, na protoderme e no meristema fundamental, que formam projeções chamadas de **primórdios foliares**, os quais desenvolvem as folhas (Figura 7.23). As folhas têm o crescimento limitado e se desenvolvem através de vários meristemas, que são responsáveis por sua forma. Alguns poucos casos são conhecidos de folhas que crescem continuamente, como a folha de *Welwitschia mirabilis* (Welwitschiaceae), que tem crescimento indeterminado devido à atividade contínua de um meristema localizado em sua base.

### 7.3.2 Anatomia

As folhas são expansões caulinares, e há uma estreita relação entre os dois órgãos. Essa relação é observada nos traços foliares

vistos no caule, como na estrutura do pecíolo. O limbo foliar possui formato laminar, sendo a face inferior da folha chamada de **abaxial**, e a face superior, de **adaxial**.

A folha possui normalmente a epiderme unisseriada (Figuras 7.25A-B), podendo algumas espécies apresentar epiderme plurisseriada (Figuras 7.25C-D). Conforme estudado no Capítulo 3, para se identificar a ocorrência de epiderme plurisseriada, deve-se fazer a ontogênese do órgão e verificar a origem do tecido. As células epidérmicas da folha são revestidas pela cutícula. Suas células são justapostas, formando um tecido compacto, podem apresentar células especializadas, como os estômatos, entre outras (ver Capítulo 3). Os estômatos, geralmente, estão presentes na face abaxial da folha; nesses casos, a folha é denominada **hipoestomática**. Podem estar presentes, também, somente na face adaxial; é o

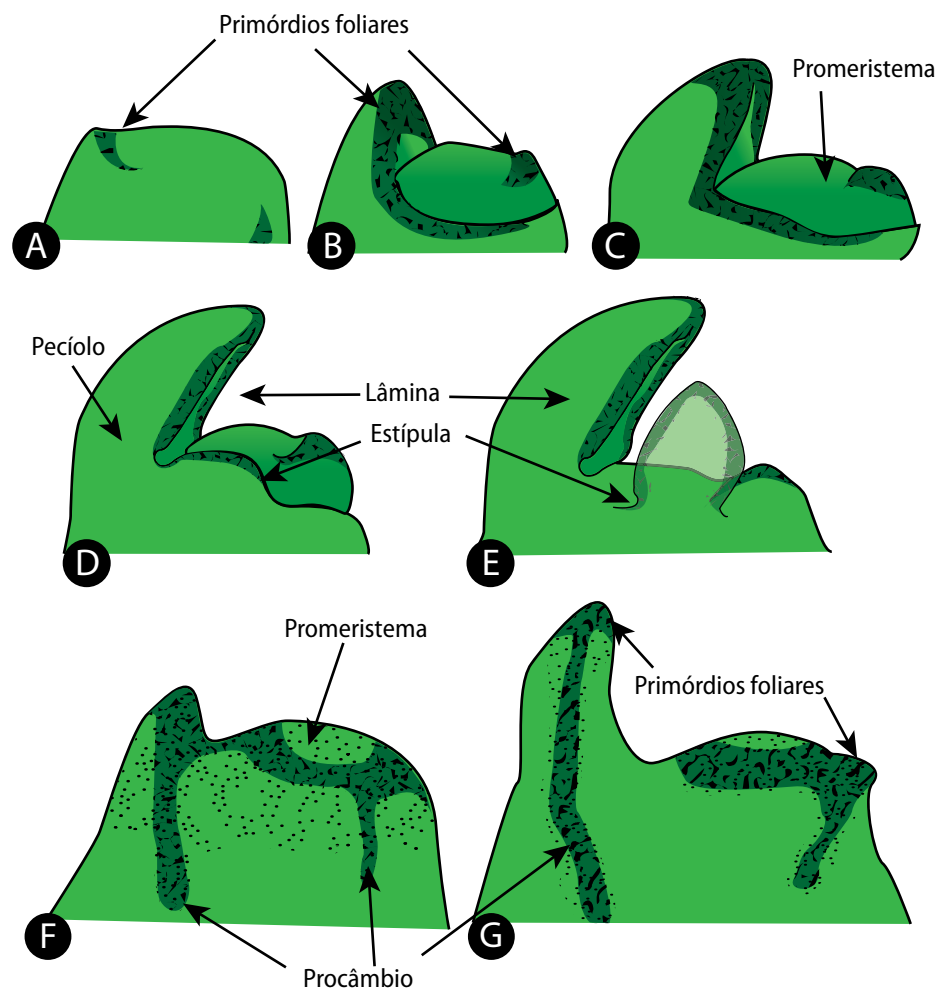


Figura 7.23 – Representação esquemática do ápice caulinar mostrando a origem dos primórdios foliares, os quais formarão as folhas.

### *Welwitschia*

*Welwitschia* é um gênero monotípico das gimnospermas que somente existe no deserto do Namibe, situado nos países africanos Namíbia e Angola. *Welwitschia mirabilis* é uma planta rasteira formada por um caule lenhoso que pouco se desenvolve, uma enorme raiz e duas folhas apenas, provenientes dos cotilédones da semente. As folhas, em forma de fita larga, continuam a crescer durante toda a vida da planta graças à ocorrência de meristemas basais. Com o tempo, as folhas podem atingir mais de dois metros de comprimento e se tornar esfarrapadas nas extremidades. É difícil avaliar a idade que essas plantas atingem, mas pensa-se que possam viver mais de 1.000 anos.



Figura 7.24 – Fotografia da espécie *Welwitschia mirabilis*, uma gimnosperma que só existe no deserto do Namibe, situado nos países africanos Namíbia e Angola .

caso da folha **epistomática**. Além disso, podem estar presentes em ambas as faces; então a folha é chamada **anfiestomática**.

O mesofilo compreende o tecido interno à epiderme, é entremeadado pelos feixes vasculares, e formado, por parênquima clorofiliano, principalmente o paliçádico e o esponjoso, como visto no Capítulo 4.

De acordo com a constituição do mesofilo podemos classificar as folhas em dorsiventral ou bifacial e isolateral ou isobilateral. No primeiro caso, o parênquima paliçádico está localizado na face adaxial, podendo apresentar uma ou mais camadas e o parênquima esponjoso está voltado para a face abaxial, constituído de várias camadas (Figura 7.25). No segundo caso o parênquima paliçádico ocorre em ambas as faces (Figura 7.26A).

O mesofilo das folhas pode ser, ainda, homogêneo ou unifacial, apresentando parênquima clorofiliano uniforme, constituído de um único tipo celular. Esse tipo de mesofilo é comum em monocotiledôneas (Figura 7.26B).

No mesofilo, além do parênquima clorofiliano, podem ocorrer outros tipos celulares. Abaixo da epiderme, em algumas espécies, ocorre a hipoderme (Figura 7.26B), que é formada pelo meristema fundamental. As fibras podem se apresentar em cordões ou envolvendo os feixes (Figura 7.25B), e as esclereídes podem ajudar na sustentação das folhas (Figura 7.26C). Também é comum a

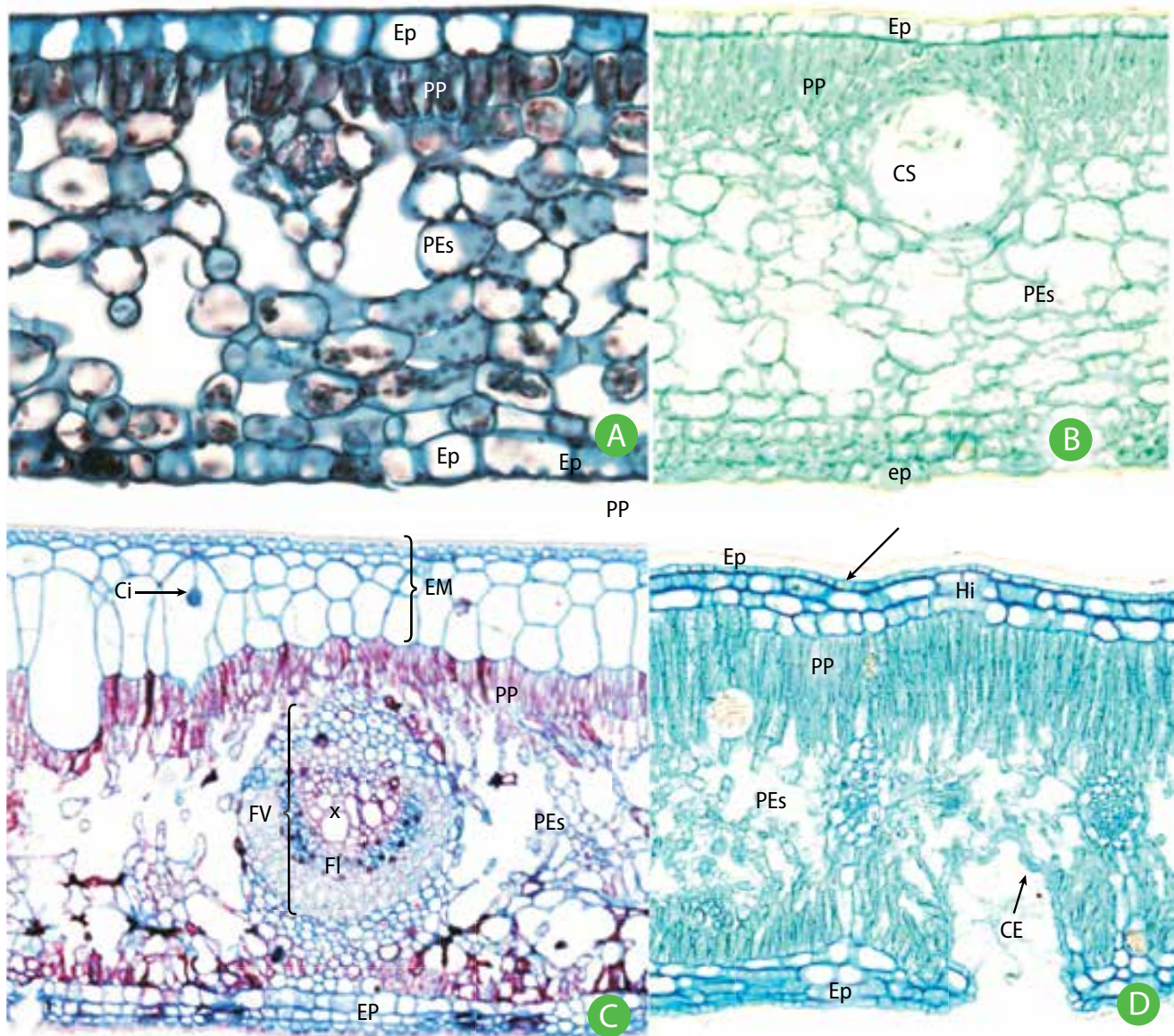


Figura 7.25 – Secções transversais de folhas de espécies vegetais. A-B = observam-se epiderme (Ep) unisseriada em ambas as faces e mesofilo dorsiventral, com parênquima paliçádico (PP) e parênquima esponjoso (PEs). C-D = observam-se epiderme múltipla (EM) em ambas as faces e mesofilo dorsiventral com feixe vascular de menor calibre envolvido por bainha de fibras (F). (CS) = cavidade secretora lisígena; (X) = xilema; (FI) = floema; Ci = Cistólito; FV = Feixe vascular; CE = Cripta estomática com estômatos; Hi = Hipoderme.

presença de idioblastos com substâncias diversas, como os cistólitos observados em folhas de *Ficus* sp. (Figura 7.25C).

O sistema vascular da folha é distribuído paralelamente à superfície da lâmina, sendo interconectado por suas ramificações. Os feixes vasculares (Figura 7.25C) podem ser chamados de nervuras e a distribuição delas é chamada de **padrões de nervação** ou de **venação**, que caracterizam diversos grupos. Os feixes vasculares



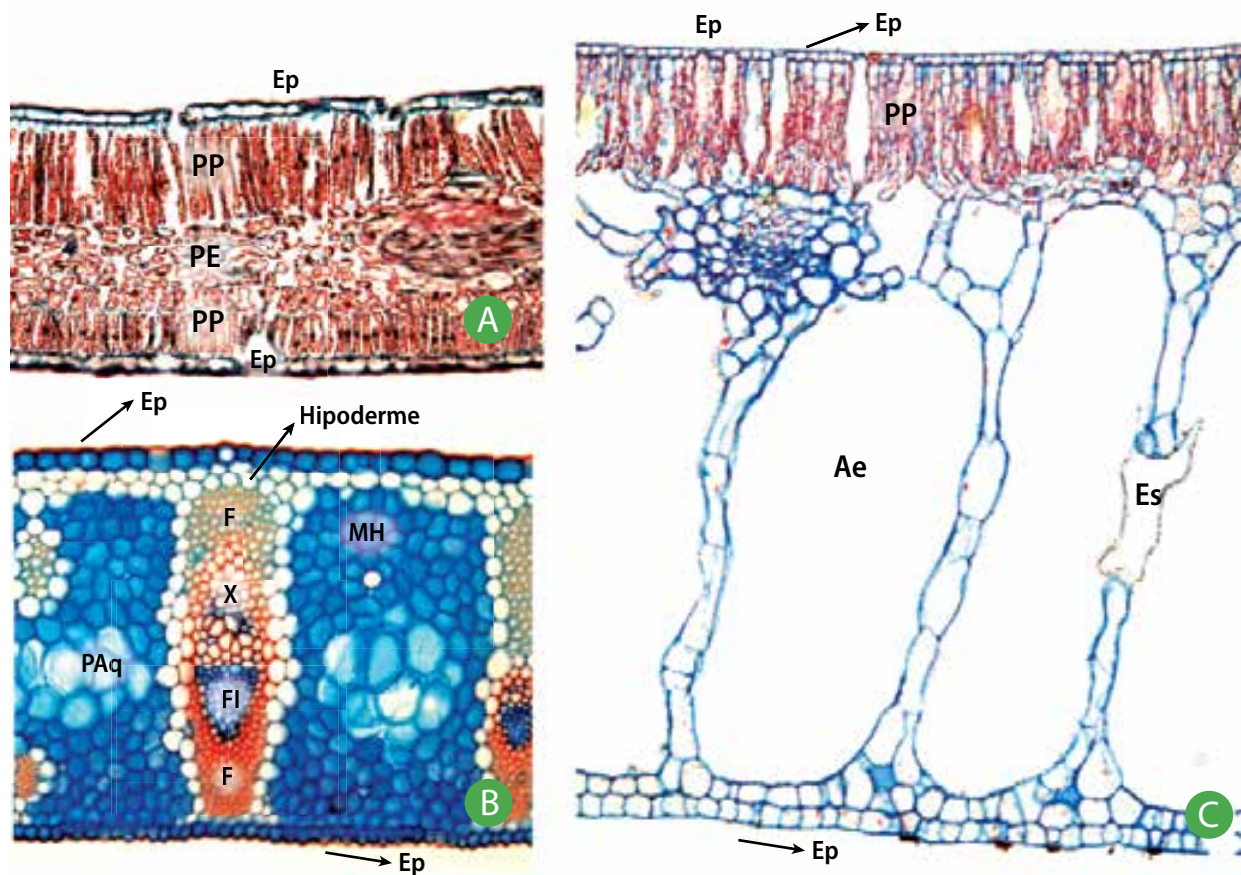


Figura 7.26 – Secções transversais de folhas de espécies vegetais apresentando epiderme (Ep) unisseriada. (A) = Mesofilo isolateral com presença de parênquima paliçádico (PP) em ambas as faces. (B) = observam-se hipoderme, mesofilo homogêneo (MH) e presença de parênquima aquífero (PAq). (C) = Mesofilo dorsiventral com presença de parênquima paliçádico (PP) e parênquima esponjoso diferenciado em aerênquima (Ae). (Es) = esclereíde.

são normalmente colaterais, compostos por xilema e floema primários. Em folhas com feixes colaterais, o xilema encontra-se voltado para a face adaxial, e o floema, voltado para a face abaxial (Figuras 7.25C e 7.26B). As monocotiledôneas possuem nervuras paralelas de calibre não muito variável (Figuras 7.26B e 7.27); já nas demais angiospermas, há uma nervura principal na lamina foliar, geralmente na região longitudinal mediana (Figura 7.28), e ramificações de menor calibre que partem dessa nervura (Figura 7.25C).

As folhas de espécies de eudicotiledôneas, normalmente apresentam as nervuras principais com um ou mais feixes vasculares de grande calibre, os quais podem apresentar a formação de câmbio vascular. Externamente ao feixe, ocorre o sistema fundamental, composto, geralmente, por parênquima e por colênquima periférico, mais próximo às epidermes (Figura 7.28).

### 7.3.3 Adaptações

As folhas são os órgãos vegetais que mais se adaptam às condições ambientais. As principais modificações são relacionadas às condições hídricas. As características morfológicas encontradas são classificadas como: caracteres mesomorfos, relacionados a ambientes métricos; caracteres xeromorfos, associados a ambientes xéricos; e caracteres hidromorfos, associados a ambientes aquáticos.

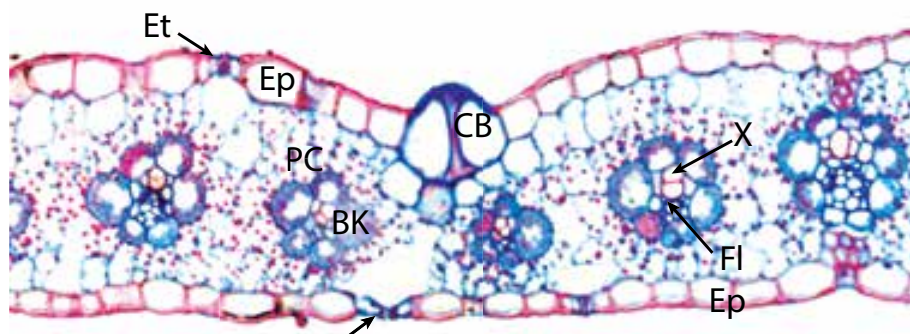


Figura 7.27 – Secção transversal da folha de espécie de monocotiledônea com anatomia Kranz, cujo sistema vascular é formado por feixes vasculares colaterais paralelos entre si, com xilema (X) e floema (F). Observa-se a bainha Kranz (BK) em cada feixe vascular e o parênquima clorofiliano (PC) organizado de forma radiada em volta da bainha Kranz. (Et) = estômato; (Ep) = epiderme; (CB) = célula buliforme;

#### a) Caracteres Mesomorfos

Os caracteres mesomorfos são os descritos anteriormente, como: o mesófilo dorsiventral, composto por parênquima paliçádico, voltado para a face adaxial, e parênquima esponjoso, voltado para a face abaxial; e os estômatos, que se encontram na face abaxial (Figuras 7.25A-B).

#### b) Caracteres Hidromorfos

Os principais caracteres hidromorfos são: a presença de grandes espaços intercelulares; a presença de aerênquima, principalmente nas folhas flutuantes; e a redução de sistema vascular, principalmente de xilema (Figura 7.26C).

A epiderme possui uma parede delgada e a cutícula pode ser fina ou mesmo estar ausente, pois parte da absorção de nutrientes ocorre pela epiderme. As folhas flutuantes são epistomáticas, ou sem estômatos, no caso das folhas submersas. Algumas espécies apresentam hidropótios.

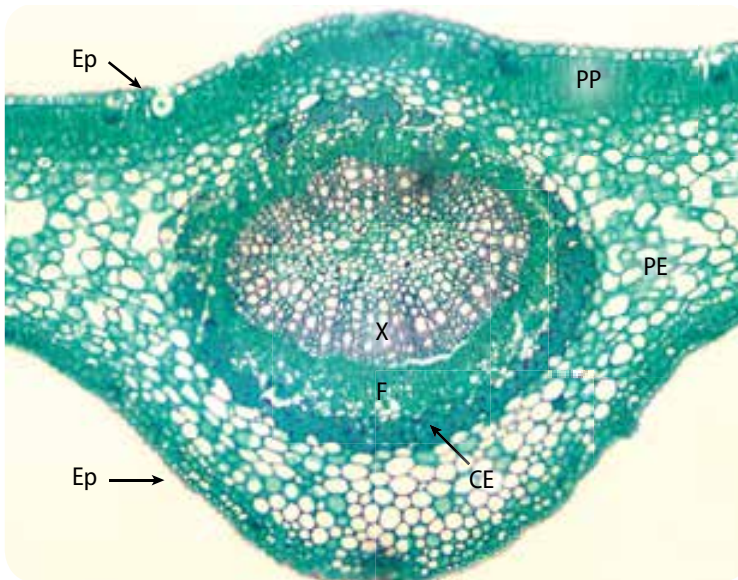


Figura 7.28 - Secção transversal da folha de *Citrus* sp. destacando a nervura central. Observa-se um feixe vascular central com xilema interno (X) e floema externo (F), ambos envolvidos por células espessadas. (PP) = parênquima paliçádico; (Ep) = epiderme; (PE) = parênquima esponjoso.

### c) Caracteres Xeromorfos

Os principais caracteres xeromorfos são folhas pequenas e compactas, devido à redução de volume em relação à superfície. A redução do tamanho das folhas é relacionada com menor transpiração e, conseqüentemente, com menor perda de água.

As folhas são anfiestomáticas, o que permite trocas gasosas mais eficientes no momento favorável. Na epiderme, ainda é possível encontrar muitos tricomas tectores, que criam um isolamento térmico, como no caso da *Nerium oleander* (Apocynaceae), que apresenta os estômatos

situados em criptas e protegidos por tricomas (Figura 7.25D). As paredes das células epidérmicas são espessas, com cutícula também espessa.

O mesofilo é compacto, com poucos espaços intercelulares, é há também redução no volume das células. Quando o mesofilo é dorsiventral, o parênquima paliçádico ocorre em maior quantidade que o parênquima esponjoso, o que favorece a fotossíntese. Ocorre também a presença de hipoderme. O sistema vascular e a quantidade de esclerenquima são maiores.

Outro caractere xeromorfo é a presença de parênquima aquífero, que ocorre principalmente em folhas suculentas (Figura 7.26B) e em células buliformes na epiderme (Figura 7.27).

### 7.3.4 Folhas de Gimnospermas

As folhas de gimnospermas são perenes, sempre verdes e têm, geralmente, caracteres xeromorfos, devido à falta de água – causada por invernos rigorosos, congelamento da água e, ainda, falta de água circulante.

As folhas são reduzidas e compactas. A epiderme é formada por células de paredes muito espessadas e cobertas por cutícula

espessa. Os estômatos se distribuem por todas as faces e estão localizados em criptas. Internamente à epiderme, a hipoderme é composta por células com paredes espessadas e lignificadas. O mesofilo é formado por parênquima plicado com poucos espaços intercelulares. O sistema vascular é formado por dois cordões de xilema e floema, envolto por tecido de transfusão e composto por traqueídes e células parenquimáticas (Figura 7.29).

### 7.3.5 Anatomia Kranz

Anatomia Kranz significa “em forma de coroa”. Recebe esse nome a estrutura radiada formada pela bainha e pelas células do mesofilo ao redor dos feixes vasculares (Figura 7.27). Nessa estrutura, a bainha é conspícua, com uma grande concentração de organelas, como cloroplastos, mitocôndrias e peroxissomos (Figura 7.30).

Os cloroplastos da bainha são diferentes dos das demais células, sendo caracterizados por possuir maior quantidade de amido, disposição radial, posicionamento junto à parede interna ou na parede externa, e também por serem maiores e apresentarem uma disposição sinuosa dos tilacóides como em algumas espécies de *Cyperaceae* (Figura 7.30).

A anatomia Kranz é normalmente associada a plantas que fazem fotossíntese  $C_4$ . Contudo, elas nem sempre estão relacionadas. Há plantas que fazem fotossíntese  $C_3$  e possuem anatomia Kranz e, da mesma forma, há plantas com metabolismo  $C_4$  sem anatomia Kranz.

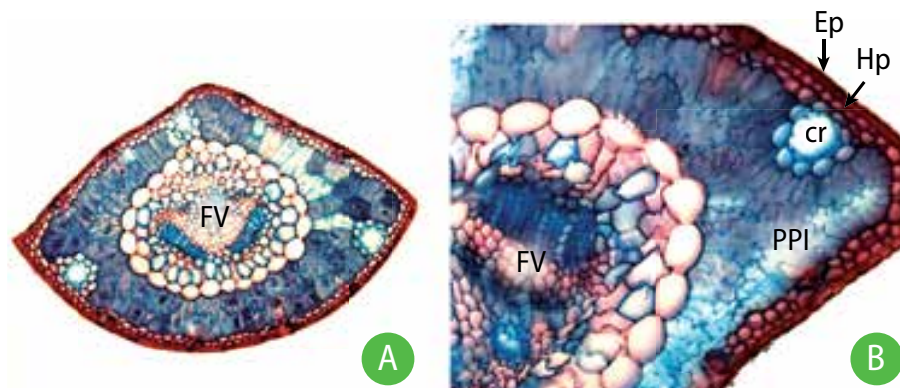


Figura 7.29 – Fotomicrografia de folha de Gimnosperma em seção transversal. Observam-se epiderme (Ep) com paredes espessadas, hipoderme (Hp), mesofilo com parênquima plicado (PPI), e sistema vascular formado por dois feixes vasculares (FV) de xilema e floema.

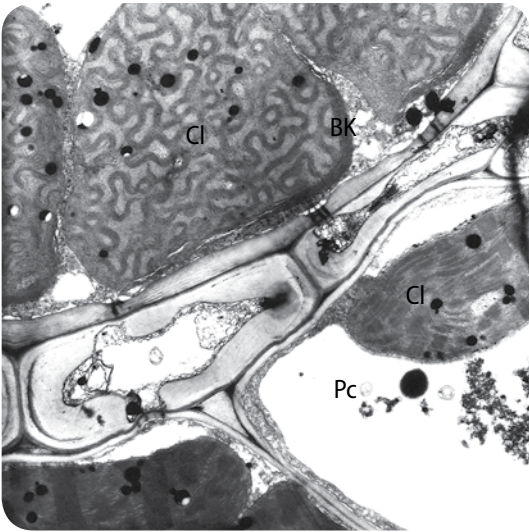


Figura 7.30 – Eletromicrografia de transmissão da folha de *Cyperus giganteus* (Cyperaceae) evidenciando a anatomia Kranz. Observam-se que os cloroplastos (Cl) das células da bainha do parênquima clorofiliano (PC) são menores quando comparados com os cloroplastos das células da bainha Kranz.

## Resumo

A raiz é originada da radícula do embrião. As raízes se desenvolvem através da atividade do meristema apical radicular, localizado na extremidade do órgão, que sofre intensas divisões e promove o crescimento do órgão. A estrutura primária da raiz é formada pelo meristema apical, ou seja, apresenta os tecidos originados a partir dos meristemas primários. De fora para dentro, podemos observar o sistema de revestimento formado pela epiderme, o sistema fundamental formado pelo córtex e o sistema vascular constituído pelo cilindro vascular central. A medula está presente em raízes adventícias e se localiza no centro do órgão, internamente ao cilindro vascular. As raízes podem ser classificadas de acordo com o número de projeções ou polos de

protoxilema. A estrutura secundária das raízes é formada pelo acréscimo de tecidos secundários, produzidos pelos meristemas laterais, pelo câmbio vascular e pelo felogênio.

O caule é o órgão da planta que sustenta as folhas e as estruturas de reprodução, e estabelece o contato entre esses órgãos e as raízes. Numa secção transversal do caule jovem, em locais onde os tecidos provenientes do meristema apical estão diferenciados, podem-se reconhecer quatro regiões, de fora para dentro: epiderme (sistema de revestimento), córtex e medula (sistema de preenchimento) e cilindro vascular (sistema vascular). A epiderme normalmente é unisseriada e pode apresentar estômatos e tricomas. O córtex tem natureza colenquimática e/ou parenquimática. O limite interno do córtex é feito pela endoderme, que pode apresentar grãos de amido e estrias de Caspary. O cilindro vascular é constituído pelo periciclo, pelos tecidos vasculares e pela medula. O sistema vascular primário dos caules origina-se do procâmbio e está organizado em feixes vasculares, que podem ser classificados em colaterais, bicolaterais, anfigvasais e anficrivais. O xilema primário, no caule, tem maturação centrífuga, ou seja, do centro para a periferia, estando o protoxilema voltado para o interior do caule e o

metaxilema para o exterior. Nesse caso o xilema é endarco. Após o completo crescimento primário ter ocorrido, o caule das espécies de gimnospermas e angiospermas, exceto as monocotiledôneas, desenvolve também o crescimento em espessura, ou crescimento secundário, graças à instalação de dois meristemas secundários ou laterais, o **câmbio vascular** e o **felogênio**. O procâmbio forma o câmbio fascicular e o periciclo forma o câmbio interfascicular. Quando o câmbio entra em atividade, produz, por divisões periclinais, xilema secundário para dentro e floema secundário para fora. Depois de estabelecido o crescimento secundário, a epiderme não consegue acompanhar o crescimento em espessura do órgão e é substituída pela periderme, que se forma pelo felogênio. O crescimento secundário que ocorre em espécies de monocotiledôneas se dá graças à instalação do meristema de espessamento secundário (MES) e do súber estratificado, que substitui a epiderme.

As folhas são originadas no ápice caulinar – através de divisões periclinais nas camadas superficiais –, na protoderme e no meristema fundamental, que formam projeções chamadas de **primórdios foliares**, de onde se desenvolvem as folhas. A epiderme foliar pode ser unisseriada ou plurisseriada. Suas células são justapostas, formando um tecido compacto, interrompido por células especializadas, os estômatos. Pode ser classificada em anfiestomática, hipo e epiestomática. Com relação ao mesofilo, podemos encontrar folhas dorsiventrais, isobilaterais ou, com mesofilo homogêneo. O sistema vascular da folha é distribuído paralelamente à superfície da lâmina. Os feixes vasculares são, normalmente, colaterais. As folhas são órgãos que se adaptam às variações ambientais, podendo apresentar características mosomorfas, hidromorfas ou xeromorfas.

## Referências

- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M. (Ed.). *Anatomia Vegetal*. Viçosa: Editora Folha de Viçosa Ltda., 2003. 438p.
- ESAU, K. *Anatomia das Plantas com Sementes*. São Paulo: EPU-EDUSP, 1974. 293p.
- FAHN, A. *Anatomia Vegetal*. Madrid: H. Blume Ediciones, 1978. 643p.
- MAUSETH, J.D. *Plant Anatomy*. California: The Benjamin/Cummings Publ. Co., 1988. 458p.
- SOUZA, L.A. de. *Morfologia e Anatomia Vegetal: célula, tecidos, órgãos e plântula*. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2003. 259p.

# CAPÍTULO 8





## Órgãos Reprodutivos

*Neste capítulo, você vai estudar a anatomia dos órgãos reprodutivos, que incluem a flor, o fruto e a semente. Serão abordados aspectos da morfologia interna desses órgãos, enfatizando suas principais características. Toda a diversidade morfologia externa desses órgãos também está refletida na diversidade morfológica interna deles. Dessa forma, o estudo da diversidade estrutural é fundamental para a classificação das espécies vegetais. Espera-se que ao final deste estudo você possa entender um pouco mais sobre a morfologia interna desses órgãos, relacionando-a com a grande variação morfológica externa.*



## 8.1 Flor

Os órgãos florais iniciam-se como as folhas (Figura 8.1A e 8.1B), por divisões periclinais de células abaixo da protoderme ou na própria protoderme. Elas são formadas por quatro tipos de estruturas: sépalas (cálise), pétalas (corola), estames (androceu) e carpelos (gineceu) (Figura 8.2).

### 8.1.1 Sépalas

As sépalas são folhas modificadas, e sua anatomia pode ser interpretada como uma folha com função de proteção (Figura 8.3). Apresentam epiderme unisseriada, com cutícula e estômatos. As células epidérmicas podem apresentar várias formas. Na epiderme da face abaxial, os estômatos apresentam células-guarda envolvidas por uma ou mais células anexas. Os tricomas, quando ocorrem, podem ser tectores ou glandulares, uni ou pluricelulares, simples ou ramificados. Também podem ocorrer células papilosas. O mesofilo pode conter um clorênquima considerável, e podem ocorrer idioblastos, canais e cavidades secretoras e ainda laticíferos. Os feixes vasculares são geralmente colaterais.

### 8.1.2 Pétalas

As pétalas (Figura 8.4) também apresentam epiderme unisseriada, usualmente papilosa e com cutícula ornamentada. Os pelos, quando ocorrem, podem ser tectores ou glandulares. Os

estômatos são raros e não funcionais. O mesofilo é parenquimático, homogêneo e aclorofilado, e podem ocorrer idioblastos, células ou cavidades secretoras, laticíferos e também possuem feixes vasculares colaterais.

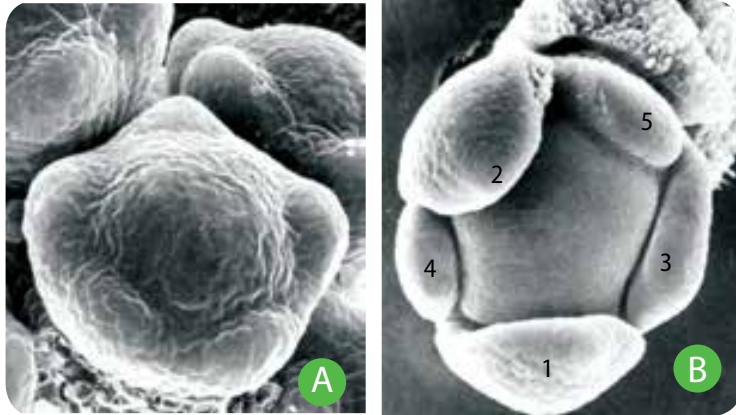


Figura 8.1 – Eletromicrografias de varredura mostrando os estágios iniciais da ontogênese floral em espécies de leguminosas. A = Iniciação simultânea de 5 sépalas de *Neptunea pubescens*; B = Iniciação helicoidal das sépalas em *Chamaecrista fasciculata*. Sépalas estão numeradas de acordo com a ordem de desenvolvimento, começando pelo número 1.

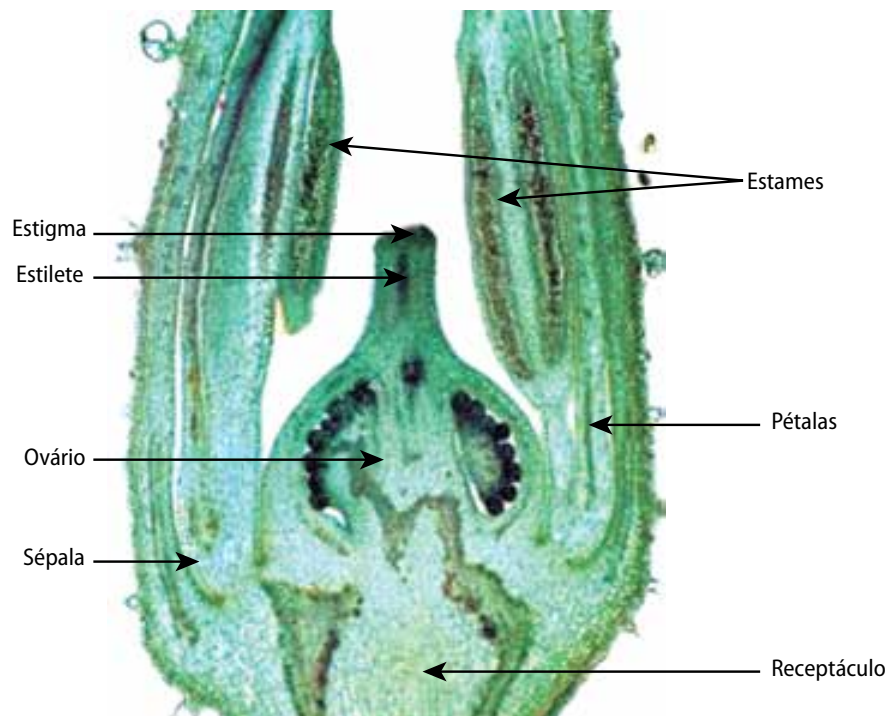


Figura 8.2 – Secção longitudinal da flor do tomate. Observam-se os órgãos reprodutivos: pétalas, sépalas, androceu formado pelos estames e gineceu formado pelo carpelo (estigma, estilete e ovário).

Figura 8.3 – Secção transversal de uma flor de eudicotiledônea. Observam-se pétalas, sépalas e anteras.

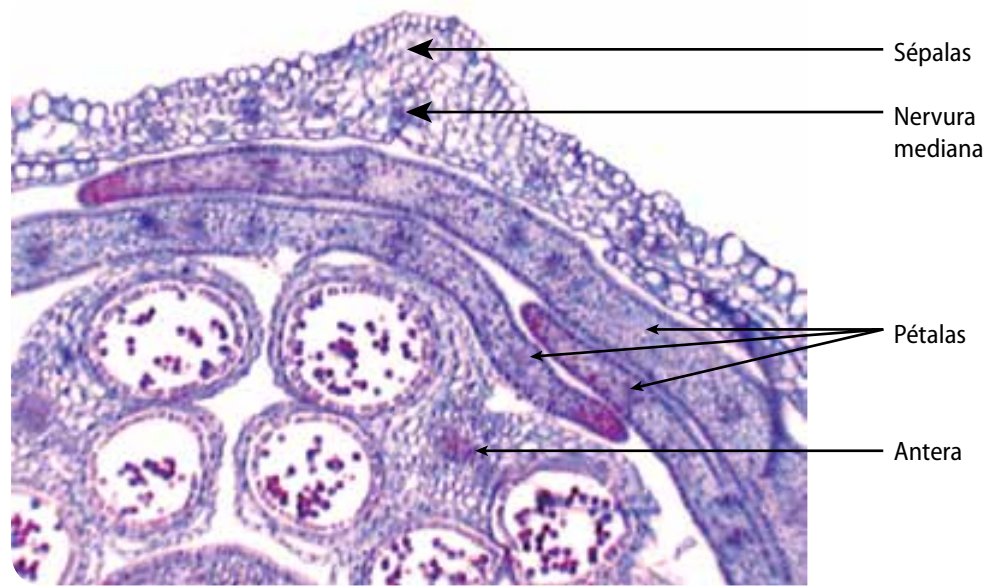
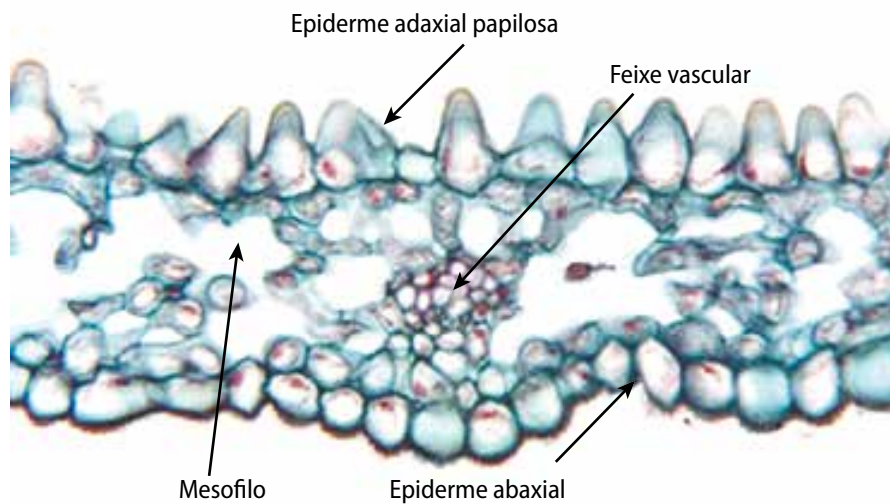


Figura 8.4 – Secção transversal da pétala de espécie de eudicotiledônea com epiderme adaxial papilosa. Mesofilo parenquimático com espaços intercelulares e feixe vascular.



### 8.1.3 Estames

Os estames (Figuras 8.2 e 8.5) são filamentos usualmente delgados e cilíndricos, mas também podem ser semelhante a folha ou ramo. Apresentam duas estruturas: **filete** e **antera** (Figura 8.5).

O **filete** possui epiderme unisseriada, com cutícula, podendo ocorrer tricomas em forma de papilas, pelos tectores ou glandulares. Ocorre parênquima com poucos espaços intercelulares. O feixe vascular pode ser concêntrico anficrival. O **conectivo** é a região de junção do filete com a antera. Essa região apresenta tecido parenquimático, onde ocorre o feixe vascular que une as duas **tecas** (Figura 8.5C).

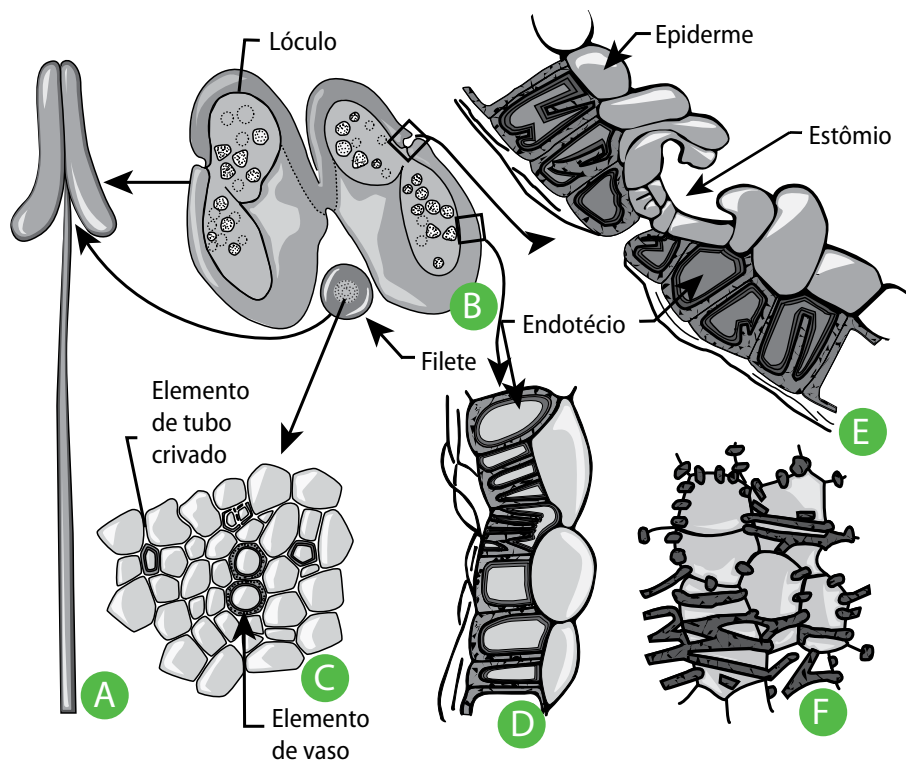


Figura 8.5 – Estames de *Prunus* sp. (A) e suas partes: secções transversais da antera (B), feixe vascular do filete (C), parede da antera (D, E); vista frontal do endotécio (F).

A **antera**, na maioria das vezes, é formada por duas tecas, cada qual com dois esporângios ou sacos polínicos (Figuras 8.5 e 8.6A). Na época da abertura da antera, verifica-se a destruição da parede, formando um só lóculo (Figura 8.6B). A parede da antera na região do saco polínico apresenta epiderme unisseriada (**exotécio**), com ou sem pelos, e o **endotécio**, que é caracterizado por ser uma ou mais camadas de células com espessamentos secundários nas paredes, na forma de faixas (Figura 8.5D-E). Esses espessamentos formam-se pouco antes da liberação dos grãos-de-pólen e têm por função provocar a deiscência da antera madura. As paredes não espessadas perdem a sua rigidez, enquanto que aquelas providas de espessamentos conservam-na, levando o endotécio a romper-se na região de menor resistência, o **estômio**, cujas células não apresentam tais espessamentos, formando uma fenda longitudinal ou outra abertura na teca, liberando o grão-de-pólen (Figura 8.5E e 8.6B).

Os grãos-de-pólen formam-se no interior da antera. Desenvolvem-se a partir das células-mãe do pólen ou microsporócitos

(Figura 8.6C). Cada célula-mãe sofre uma divisão meiótica, originando quatro micrósporos ou grãos polínicos haplóides, o que resulta em uma tétrade de micrósporos. Na maioria das espécies, os grãos-de-pólen de cada tétrade separam-se uns dos outros e permanecem livres no saco polínico. No pólen, pode haver somente amido (amiláceo) ou açúcares e óleo, sem amido (não amiláceo). A parede do pólen é cercada internamente por uma parede celulósica chamada de **intina**. Já externamente, ocorre outra parede, chamada **exina**, que confere grande durabilidade ao pólen. A exina geralmente é ornamentada e apresenta diferentes tipos de aberturas em sua superfície, resultando em numerosos tipos de grãos de pólen (Figura 8.6D).

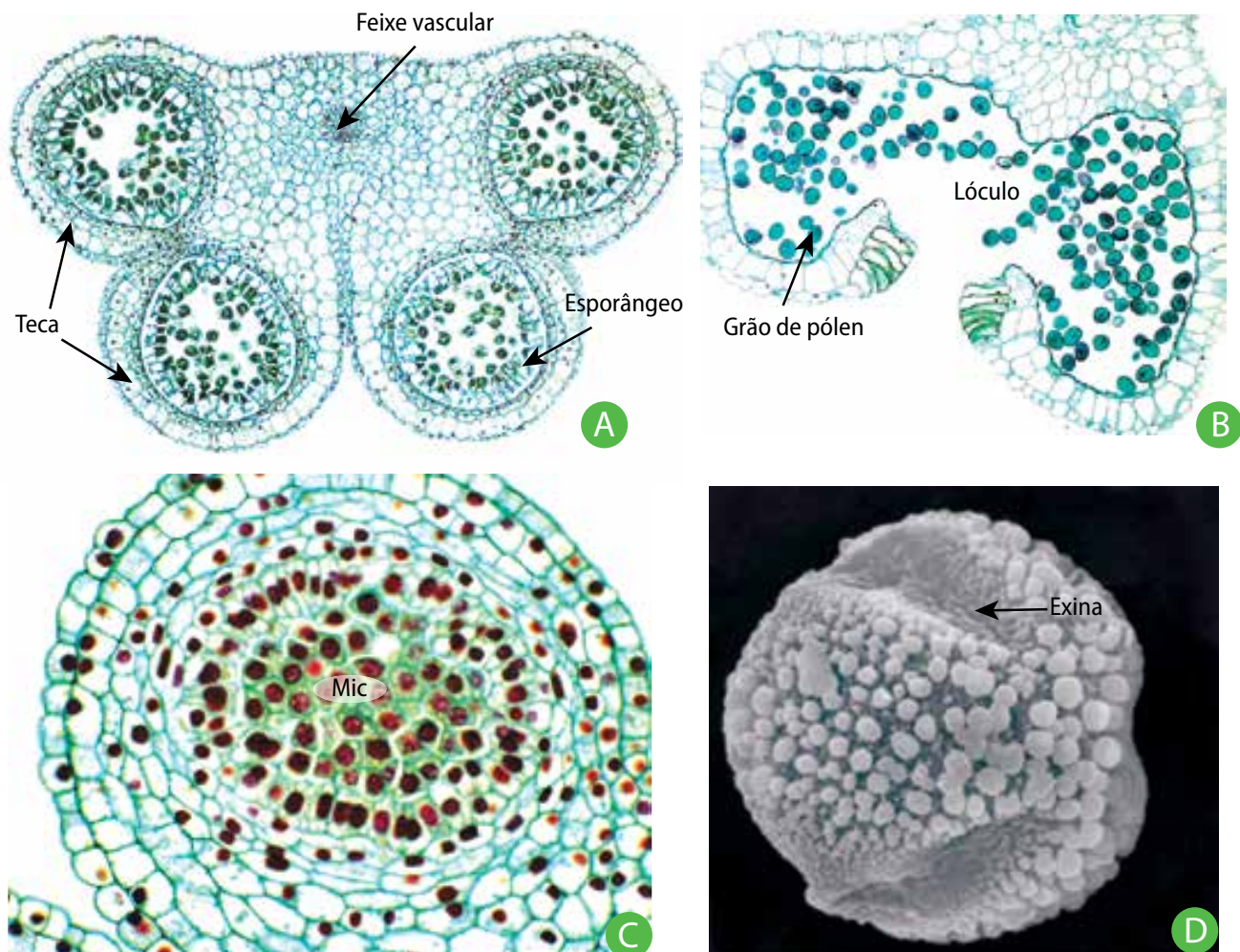


Figura 8.6 – Órgãos reprodutivos masculinos. A-C Seções transversais de anteras do *Lillium*; A-C = Antera jovem; B = Antera madura. Observa-se a abertura pelo estômio; C = Observam-se os microsporócitos, precursores dos grãos-de-pólen; D = Eletromicrografia de varredura mostrando o grão-de-pólen. Observa-se a estrutura da exina.

### 8.1.4 Carpelos

Os carpelos apresentam estrutura foliar, a qual se dobra e tem suas margens fundidas para abrigar os óvulos. São compostos por três partes: **estigma**, **estilete** e **ovário** (Figura 8.2 e 8.7A).

O estigma é constituído por um tecido glandular secretor de substâncias que criam um meio adequado à germinação dos grãos-de-pólen (Figura 8.7B). As células epidérmicas são comumente alongadas, formando papilas ou pelos longos uni e pluricelulares e ramificados (Figura 8.7C). Abaixo dessa epiderme, verifica-se um

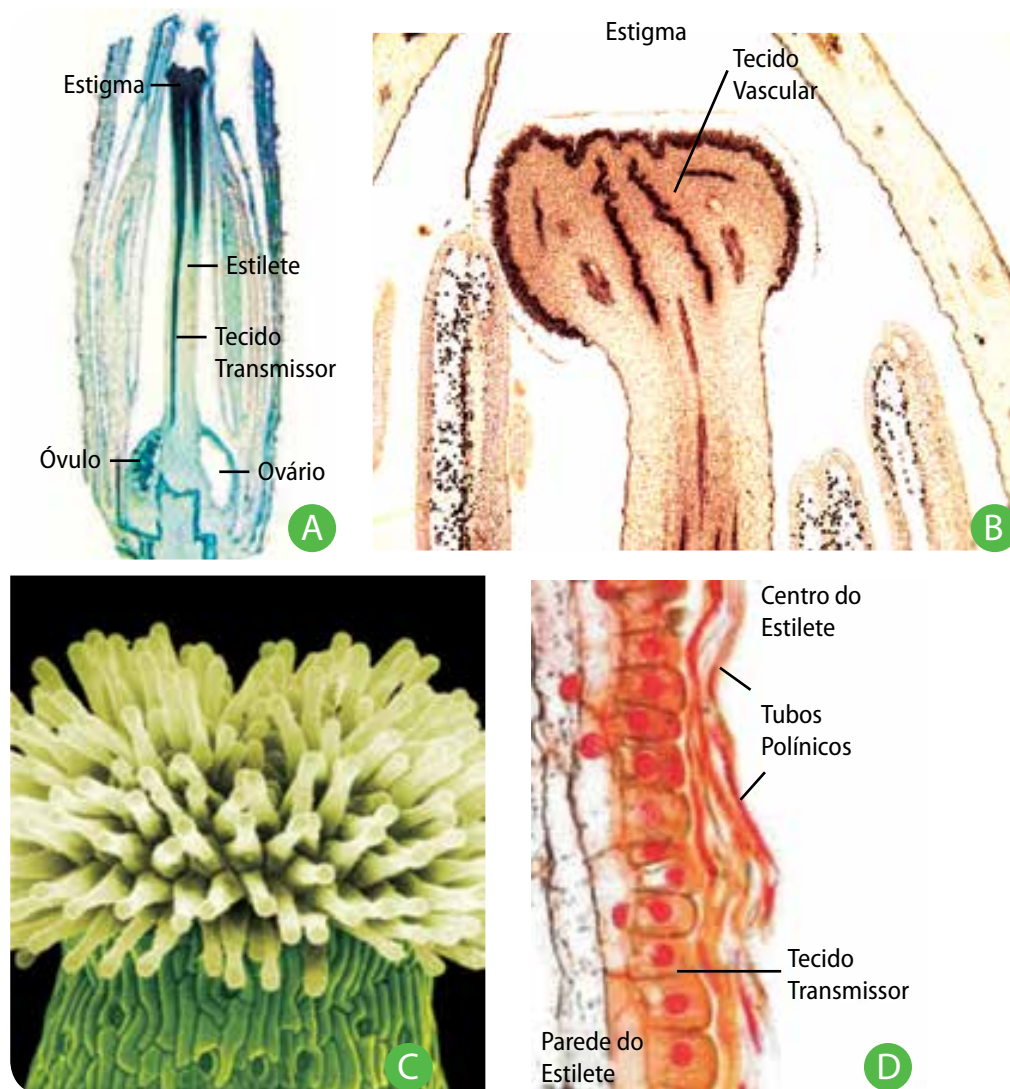


Figura 8.7 – Órgãos reprodutivos femininos. A,B e D = secções longitudinais. A = Flor do tomate; B = Flor de *Citrus*. Observa-se em detalhe o estigma; B = Eletromicrografia de varredura do estigma papiloso de *Brassica*; D = Estilete de *Lillium*. Observa-se o estilete oco, com os tubos polínicos e o tecido transmissor.



parênquima mais compacto ou um aerênquima, onde pode ocorrer tecido vascular (Figura 8.7D). O tecido do estigma está ligado à cavidade do ovário por um tecido semelhante, o tecido estigmatoide, através do qual crescem os tubos polínicos. Em muitas espécies, no momento de receber o pólen, o estigma forma uma secreção constituída de aminoácidos, óleos e açúcares em sua superfície, responsáveis pelo reconhecimento dos grãos-de-pólen.

O **estilete** pode ser sólido ou oco. Na maioria das angiospermas é sólido. Apresenta um tecido chamado **transmissor**, constituído de células alongadas com citoplasma denso, no qual o grão-de-pólen germina (Figura 8.7D). Ele é responsável pela nutrição, auxiliando o crescimento do tubo polínico até o ovário. O estilete é constituído, além do tecido transmissor que o reveste internamente, por parênquima com feixes vasculares e pela epiderme externa, que pode ser glabra, pilosa ou papilosa e apresentar estômatos.

O **ovário** (Figuras 8.2, 8.7, 8.8A e 8.8B) possui epiderme externa, geralmente unisseriada e coberta por cutícula, na qual podem ocorrer estômatos, pelos tectores ou glandulares uni e pluricelulares, glândulas e papilas. Abaixo da epiderme, ocorre parênquima como tecido de preenchimento (Figura 8.8B). A epiderme interna do ovário também é unisseriada, desprovida de tricomas e estômatos. O sistema vascular é representado pelo **feixe vascular dorsal**, homólogo à nervura central da folha, e os **feixes marginais** ou **ventrais**, situados nas proximidades do bordo ou margem carpelar. No ovário podemos encontrar um ou mais óvulos (Figura 8.8A-C).

Os **óvulos** (Figura 8.8C) originam-se por divisões de células da parede do ovário. São formados por um pedúnculo chamado de **funículo**, em cujo final encontramos um tecido chamado **nucelo**. O nucelo envolve o saco embrionário, podendo ser fino ou constituído de várias camadas, com células de tamanho reduzido, poliédricas, nucleadas e com citoplasma vacuolizado. O saco embrionário contém a oosfera, as sinérgides, a célula central ou média com dois núcleos polares e as antípodas. A oosfera e a célula central ou média são os gametas femininos (Figura 8.8D). Do funículo, forma-se um tegumento (**óvulo unitegmentado**) ou dois tegumentos (**óvulo bitegmentado**) (Figura 8.8C). Na superfície do óvulo ocorre um pequeno poro limitado pelos tegumentos, chamado de **micrópila**.

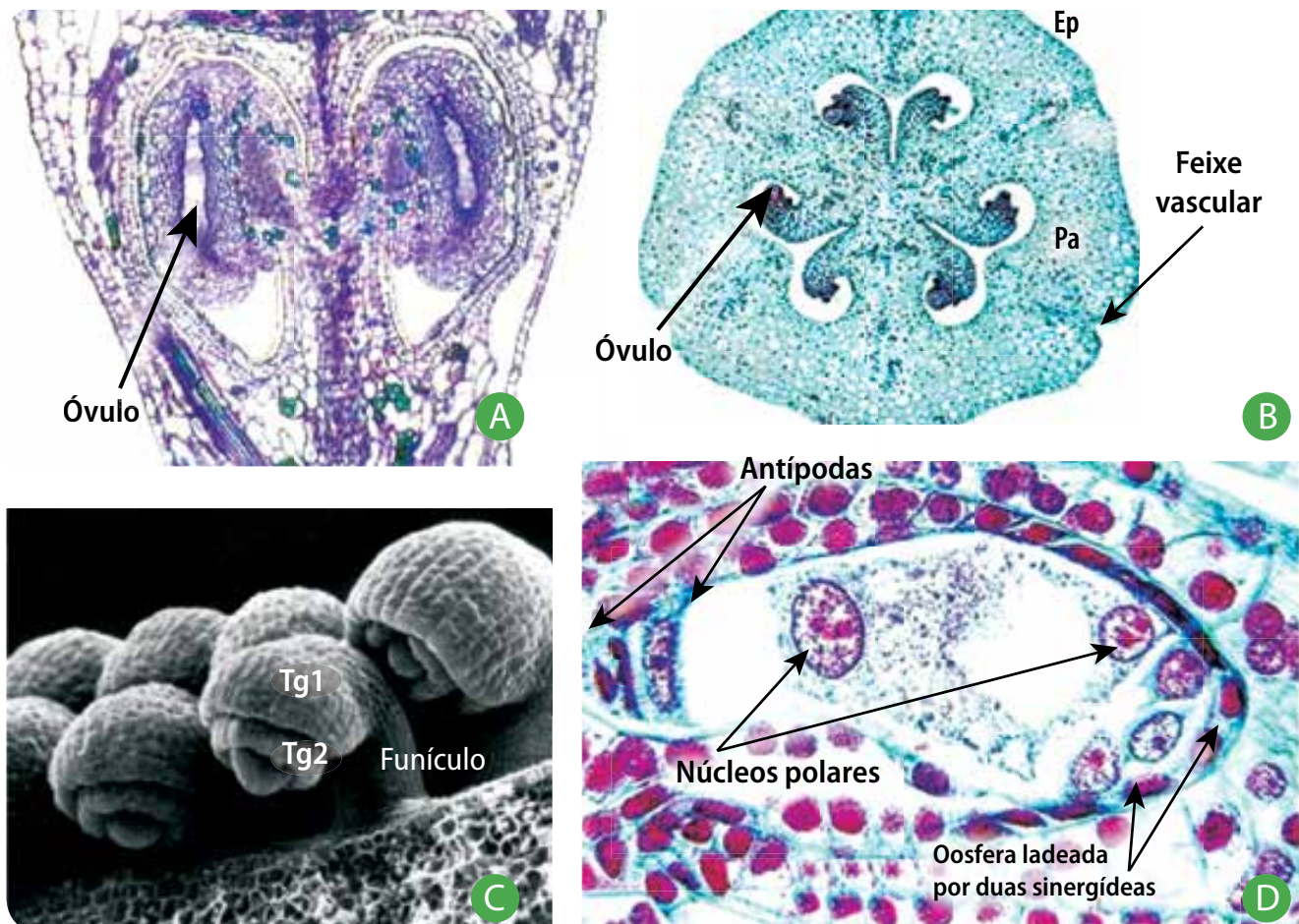


Figura 8.8 – Ovários e óvulos de espécies de eudicotiledônea. A = Secção longitudinal do ovário mostrando os óvulos; B = Secção transversal do ovário mostrando epiderme externa, feixes vasculares, parênquima de preenchimento e óvulos; C = Eletromicrografia de varredura mostrando óvulos bitegumentados e funículo; D = Saco embrionário.

Os óvulos são classificados de acordo com a disposição do funículo em relação ao nucelo (Figura 8.9), podendo ser:

- a) **Ortótropos ou átropos:** quando funículo, calaza, nucelo e micrópila estão alinhados linearmente.
- b) **Anátropos:** quando ocorre a torção de 180° do nucelo, fazendo com que calaza, nucelo e micrópila se posicionem paralelamente ao funículo.
- c) **Campilótropos:** quando ocorre maior ou menor curvatura do nucelo.

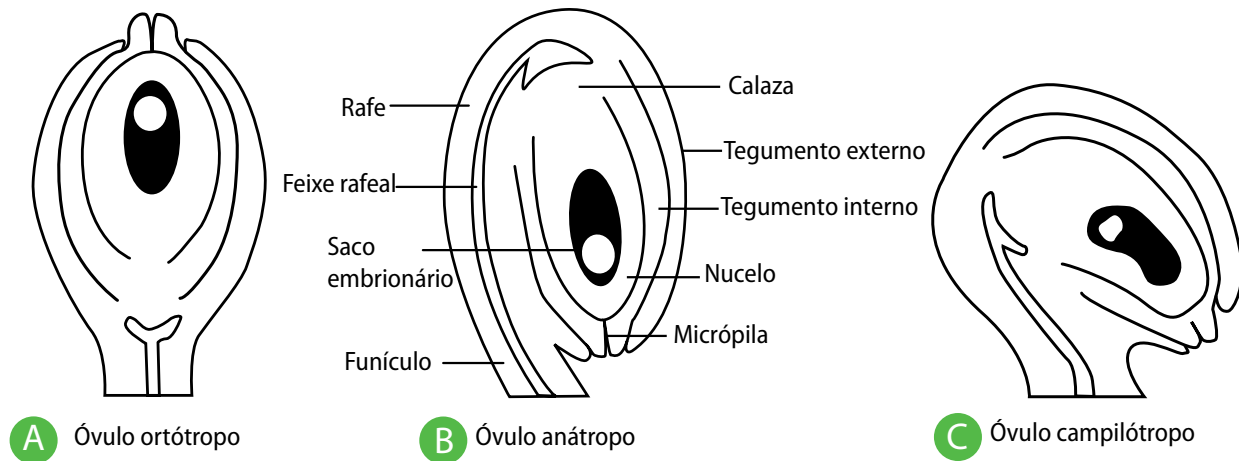


Figura 8.9 – Diagramas representando os diferentes tipos de óvulos em seção longitudinal. A-B = Sacos embrionários retos; C = Saco embrionário curvo.

## 8.2 Fruto

O fruto é o ovário amadurecido de uma flor, formado após a fecundação. Assim, o ovário representa o precursor do fruto, que é a estrutura morfológica que porta as sementes, protegendo-as e auxiliando na sua dispersão. Somente as plantas que possuem flores, as angiospermas, podem produzir frutos.

Com a fecundação, inicia-se uma série de transformações na parede do ovário, que se transformará na parede do fruto, denominado de **pericarpo**, o qual pode se diferenciar em três camadas: o **exocarpo** ou **epicarpo**, o **mesocarpo** e o **endocarpo**. O exocarpo é derivado da epiderme externa do ovário, o endocarpo da epiderme interna do ovário e o mesocarpo do tecido fundamental, entre a epiderme interna e externa (Figura 8.10). O pericarpo, como dito anteriormente, é formado por três camadas: epicarpo, mesocarpo e endocarpo. O **exocarpo** e o **endocarpo** normalmente são uniseriados, com cutícula, estômatos e tricomas uni ou pluricelulares. No exocarpo pode ocorrer a presença de lenticelas e do epicarpo. Em alguns casos, pode ser multisseriado.

O mesocarpo é constituído pelo tecido entre a epiderme interna e externa do ovário, isto é, o mesofilo da folha carpelar. O sistema

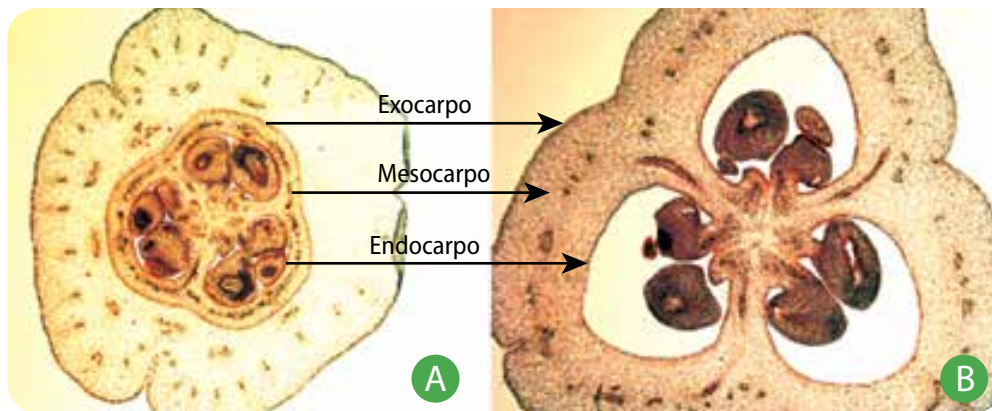


Figura 8.10 – Secções transversais do ovário da flor de *Lillium*, mostrando o desenvolvimento do fruto (B) a partir do ovário jovem (A).

vascular do fruto é o mesmo do ovário da flor e encontra-se entremeadado a esse tecido. O mesocarpo tem constituição variável: se o fruto for carnoso, há predomínio de tecido parenquimático; se o fruto for seco, há predomínio de tecido esclerenquimático. Veremos, a seguir, algumas variações quanto à estrutura dos frutos.

No processo de amadurecimento do fruto, há a divisão, o alongamento e a maturação das células da parede do ovário (carpelo). Durante essa fase, a parede do fruto pode sofrer aumento de camadas de células, espessamento e lignificação da parede de algumas células, e o acúmulo de metabólitos. As demais peças florais podem permanecer presentes no fruto ou não.

Alguns frutos são formados sem a fecundação, os chamados **partenocárpicos**. É o caso da banana e do abacaxi, em que não são observadas sementes no interior deles, somente pequenos pontos pretos, que são óvulos abortados e não fecundados.

### 8.2.1 Variações estruturais de frutos

Nos frutos tipo legumes, os quais são secos, deiscentes, uniloculares, uniloculares e com muitas sementes, o exocarpo pode ser constituído apenas pela epiderme. No feijão (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae) (Figura 8.11), a epiderme ou epicarpo é unisseriada, seguida de camadas subepidérmicas de células de paredes espessas. O mesocarpo é parenquimático e está dividido em duas partes, separadas por uma camada de esclerênquima. O endocarpo é constituído por uma camada de células de paredes finas.

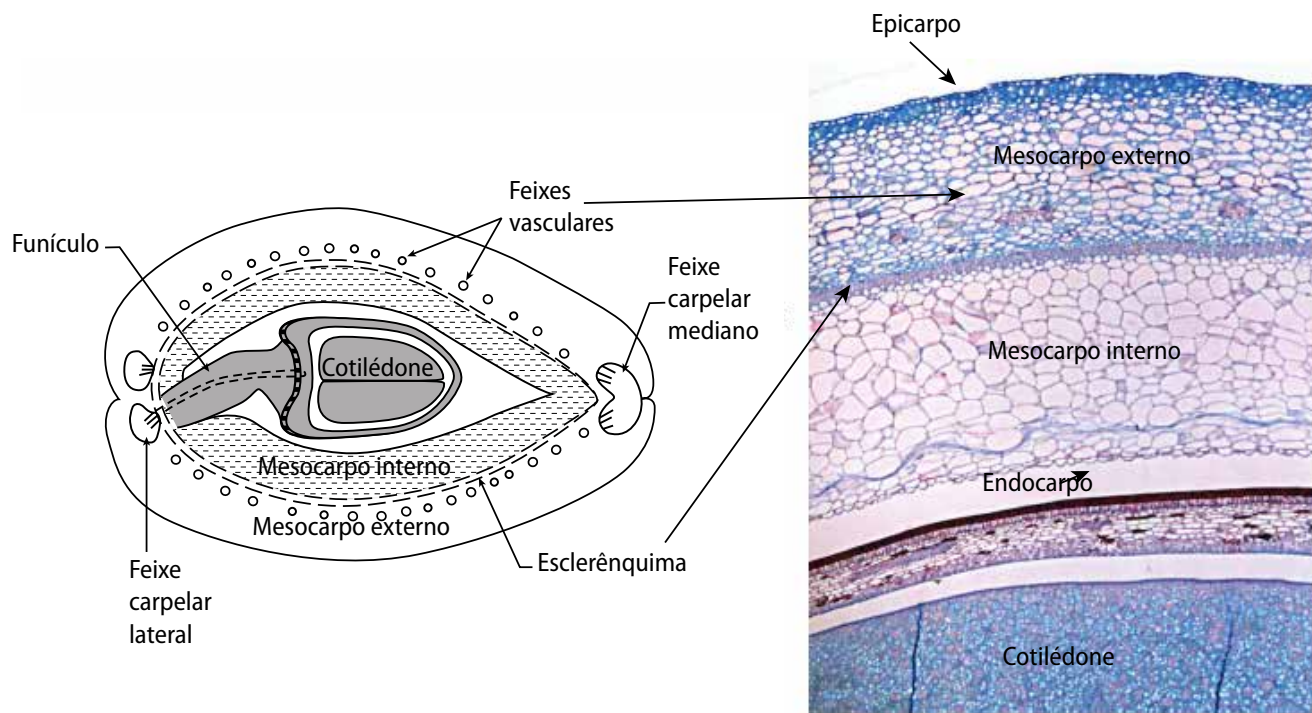


Figura 8.11 – Fruto de feijão (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). A epiderme ou epicarpo é unisseriada, seguida de camadas subepidérmicas de células de paredes espessas. O mesocarpo é parenquimático e está dividido em duas partes, separadas por uma camada de esclerênquima. O endocarpo é constituído por uma camada de células de paredes finas.

O fruto característico das gramíneas, como o milho (*Zea mays*, Poaceae), é o caripose, caracterizado por ser de uni a tricarpelar, unilocular e apresentar uma única semente. O fruto é seco e fica adnato à parede da semente. O pericarpo é composto por poucas camadas de células pequenas com paredes espessas (Figura 8.12).

Em frutos suculentos (Figura 8.12), o mesocarpo é principalmente parenquimático. Como exemplos, podemos citar as drupas e as bagas.

As drupas são frutos carnosos compostos por um ou dois carpelos, uniloculares e com uma única semente. O exocarpo é delgado, com uma única camada de células, e as camadas subepidérmicas são compostas por colênquima. O mesocarpo é carnoso, composto por células parenquimáticas amplas entremeadas pelos feixes vasculares. O endocarpo é composto por várias camadas de células esclerenquimáticas de paredes bastante espessas e lignificadas, que, juntamente com o tegumento da semente, formarão o caroço (Figura 8.13)

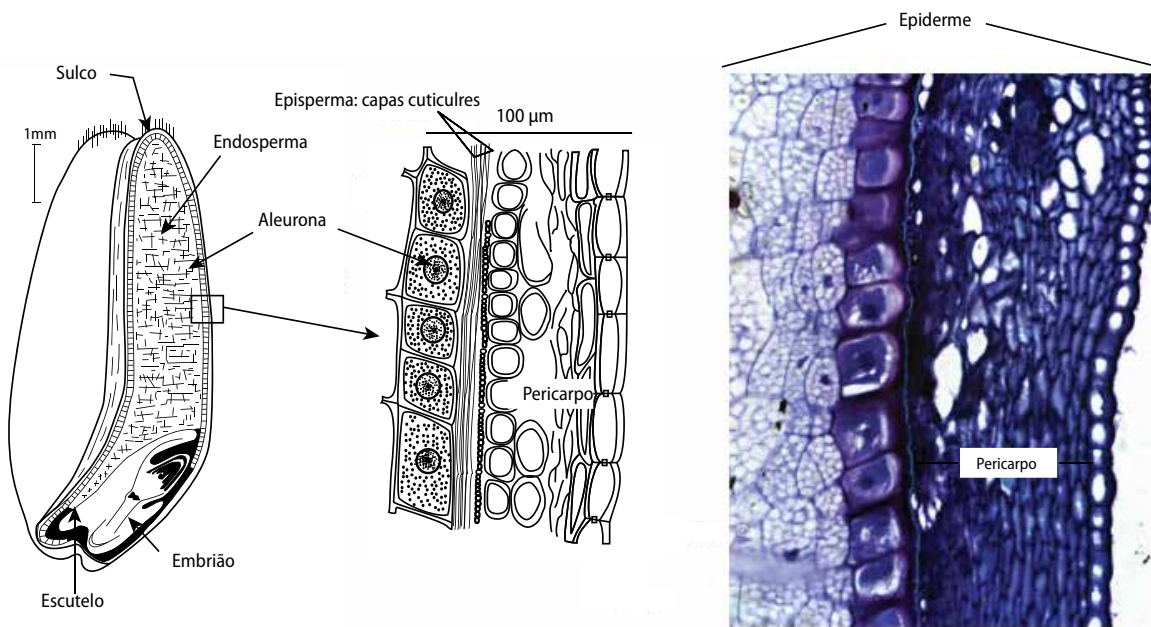


Figura 8.12 – Fruto de milho (*Zea mays*, Poaceae). O fruto é seco e fica adnato à parede da semente. O pericarpo é composto por poucas camadas de células pequenas com paredes espessas.

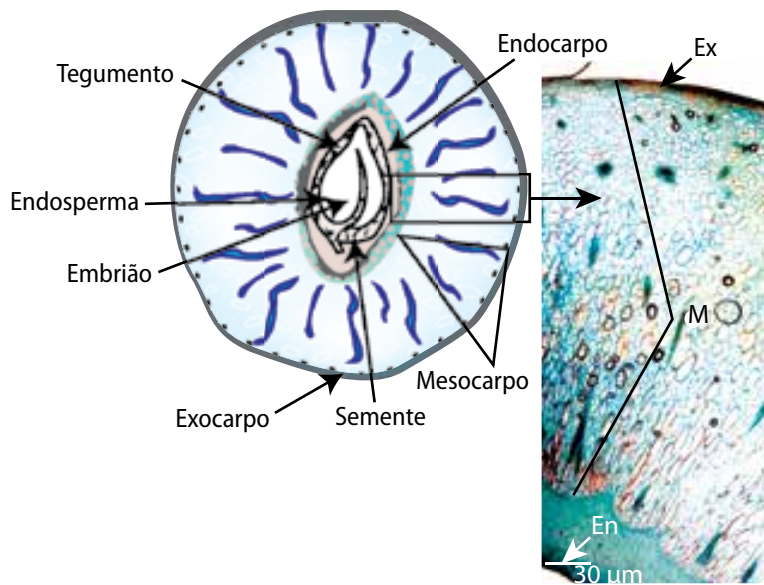


Figura 8.13 – Fruto da ameixa, tipo drupa. O exocarpo é delgado com uma única camada de células, e as camadas subepidérmicas são compostas por colênquima. O mesocarpo é carnoso, composto por células parenquimáticas amplas entremeadas pelos feixes vasculares. O endocarpo é composto por várias camadas de células esclerenquimáticas de paredes bastante espessas e lignificadas, que, juntamente com o tegumento da semente, formarão o caroço.

As bagas são frutos carnosos caracterizados por possuir várias sementes. O tomate (*Solanum lycopersicum*, Solanaceae) (Figura 8.14) é um exemplo de baga. O epicarpo é coriáceo, composto por uma epiderme unisseriada e colênquima subepidérmico, o mesocarpo é composto por algumas camadas de células parenquimáticas,

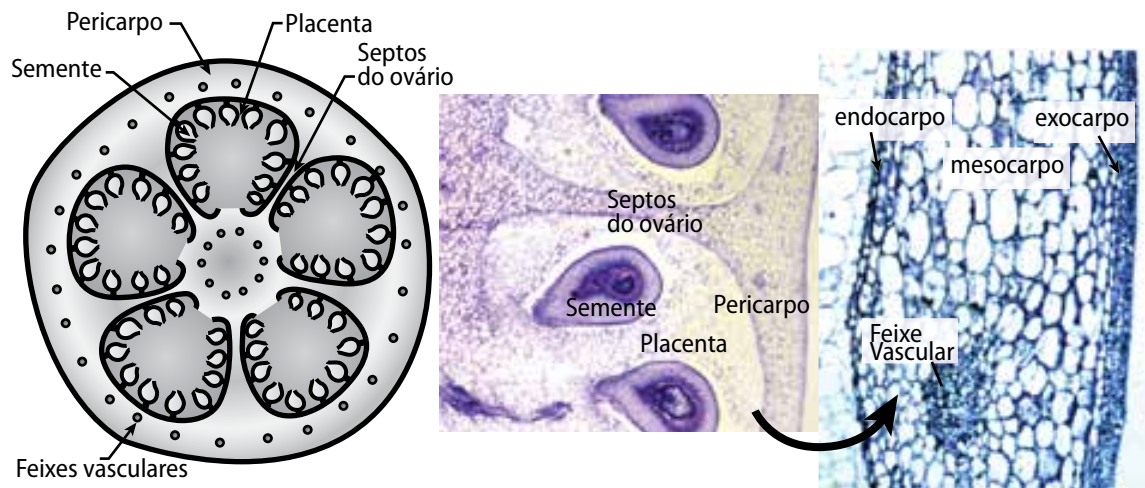


Figura 8.14 – Fruto carnoso tipo baya (*Solanum lycopersicum*, Solanaceae). O epicarpo é coriáceo, composto por uma epiderme unisseriada e colênquima subepidérmico, o mesocarpo é composto por algumas camadas de células parenquimáticas, e o endocarpo é unisseriado, com células de parede finas. Ocorre, ainda, o desenvolvimento de placenta e septos do ovário, que ocupam todo o lóculo do fruto.

e o endocarpo é unisseriado, com células de parede finas. Ocorre, ainda, o desenvolvimento de placenta e septos no ovário, que ocupam todo o lóculo do fruto.

O limão (*Citrus sp.*, Rutaceae) é um exemplo de baya do tipo hesperídio (Figura 8.15). Possui as seguintes características: o exocarpo apresenta colênquima e cavidades secretoras lisígenas de óleo; o mesocarpo é composto por um parênquima com espaços intercelulares, que compõem a parte branca do limão e da laranja; e o endocarpo forma emergências pluricelulares chamadas de **vesículas de suco**, que posteriormente ocupam, juntamente com as sementes, os lóculos.

Alguns tecidos extracarpelares podem estar envolvidos na formação do fruto, como no caso do morango (*Fragaria vesca*, Rosaceae), em que o receptáculo floral se desenvolve, tornando-se vermelho e suculento, e os frutos pequenos, do tipo aquênio, ficam presos a ele. O hipanto, presente na maçã (*Malus domestica*, Rosaceae), se desenvolve e forma a parte do fruto que comemos. O fruto derivado do carpelo é reduzido e tem uma posição central. Em ambos os exemplos, essas partes acessórias são suculentas e compostas por parênquima.

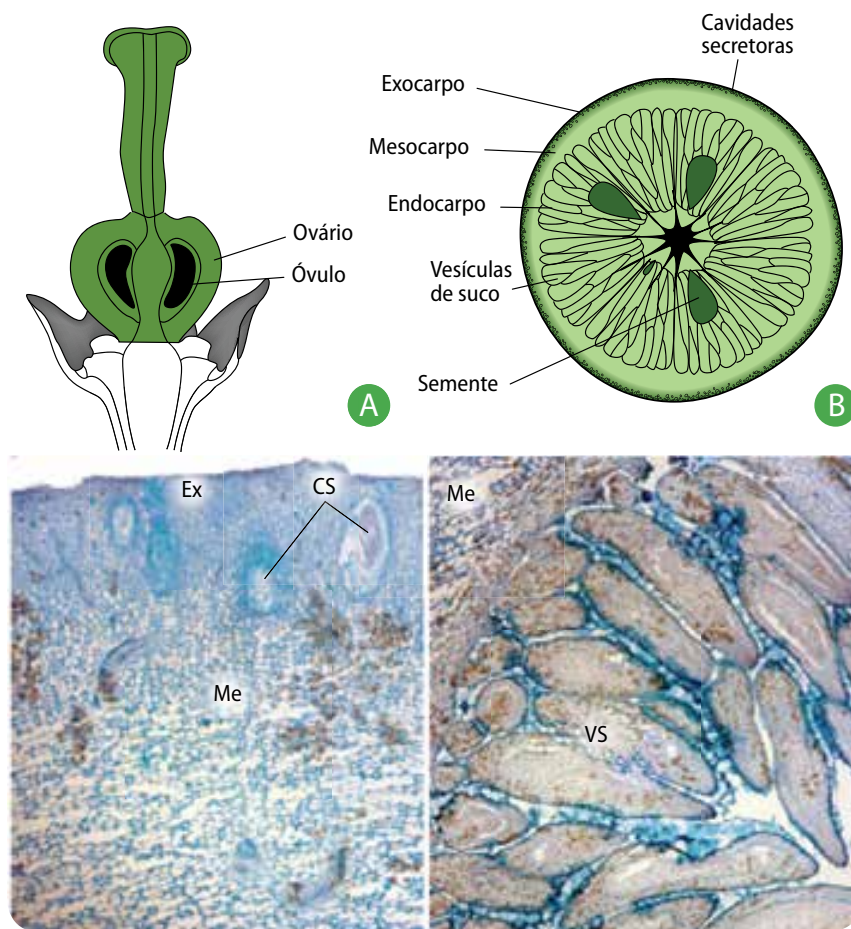


Figura 8.15 – Fruto do tipo herperídeo (*Citrus* sp., Rutaceae) (A e B). O exocarpo apresenta colênquima e cavidades secretoras lisígenas de óleo; o mesocarpo é composto por um parênquima com espaços intercelulares, que compõem a parte branca do limão e da laranja (C); e o endocarpo forma emergências pluricelulares chamadas de *vesículas de suco*, que posteriormente ocupam, juntamente com as sementes, os lóculos (D).

### 8.3 Semente

As sementes originam-se do óvulo fecundado, embora, em alguns casos, elas sejam formadas sem passar pelo processo de fecundação; nesse último caso, são chamadas de **apomíticas**. Nas angiospermas, a semente se constitui basicamente de três partes: **tegumento (perisperma)**, **endosperma** e **embrião** (Figura 8.16). O embrião e o endosperma ocupam a maior parte do volume da semente. A micrópila pode ser totalmente obliterada ou permanecer como um poro distinto. O funículo sofre abscisão, deixando uma cicatriz chamada de **hilo**, que é considerada a parte da semente mais permeável à água.

As sementes podem ser classificadas em:



a) **Endospermicas ou albuminosas:** quando a reserva nutritiva do embrião está no endosperma (Figuras 8.16A, 8.17 e 8.18). Podem ser citadas como exemplo a *Allium cepa* e *Triticum sp* e a *Cocos nucifera*.

Figura 8.16 – Diagrama geral de sementes de angiospermas, ortótropas unitegumentadas. A = Albuminosa; B = Perispermada; C = Exalbuminosa.

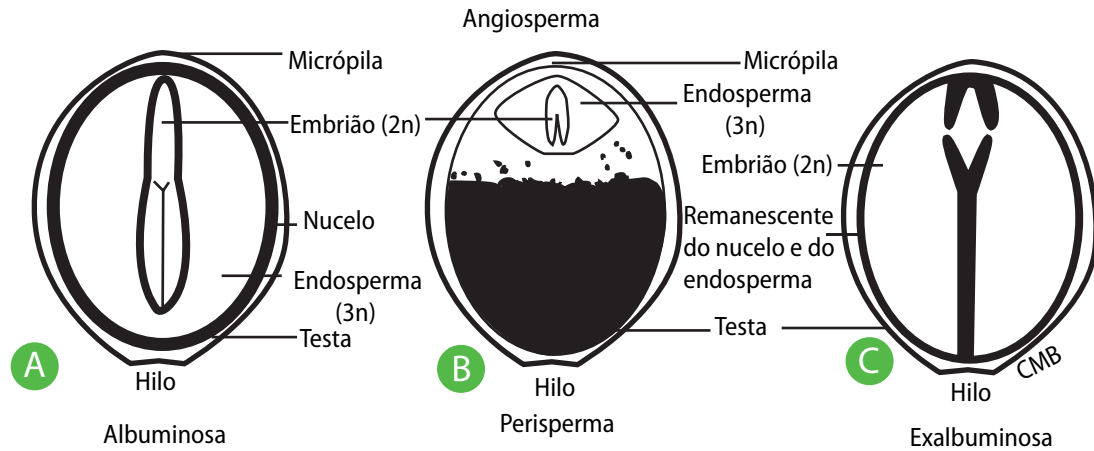
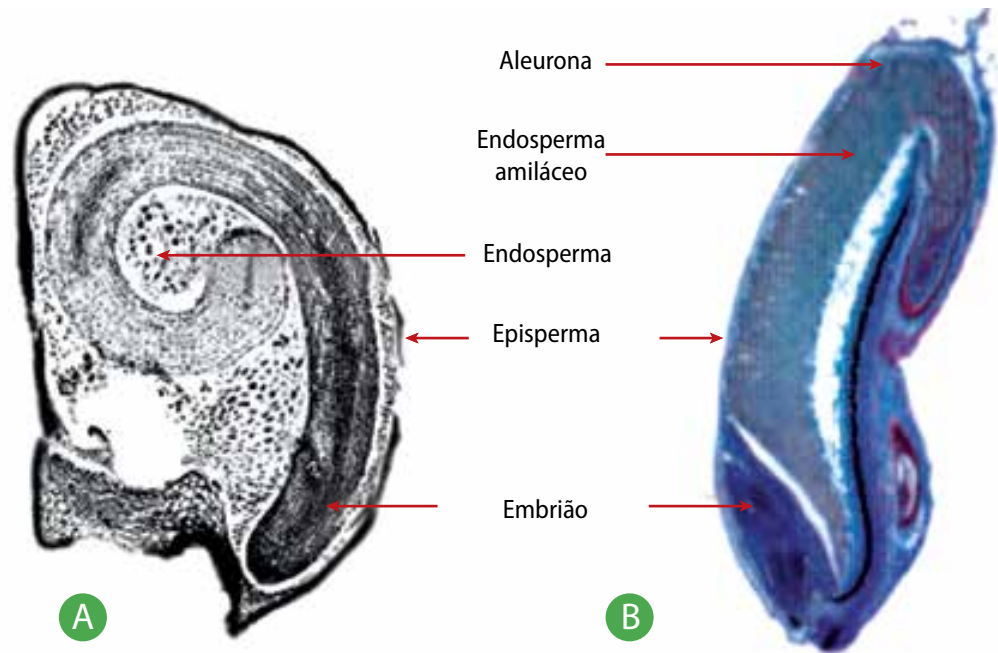


Figura 8.17 – Semente albuminosa de espécies de *Allium cepa* (A) e *Triticum* (B). Quando a reserva nutritiva do embrião está no endosperma.



b) **Perispermadas:** quando uma camada de tecido constituída por remanescentes do nucelo avoluma-se e acumula a reserva nutritiva, originando o perisperma. Tanto o perisperma quanto o endosperma podem ocorrer na mesma semente, como em *Beta vulgaris* (Figuras 8.16B e 8.19).

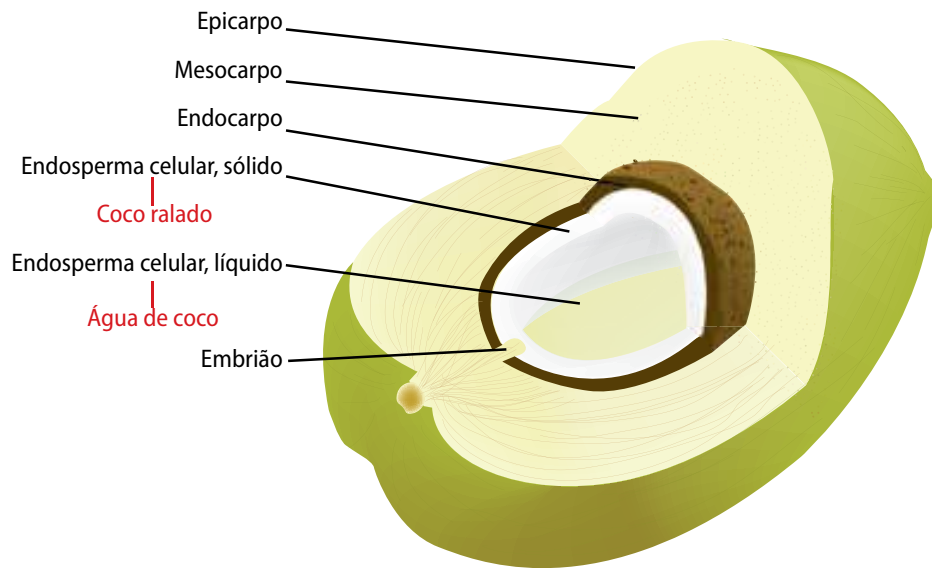


Figura 8.18 – Semente albuminosa de *Cocos nucifera*. Com parte do endosperma líquido e parte sólido.

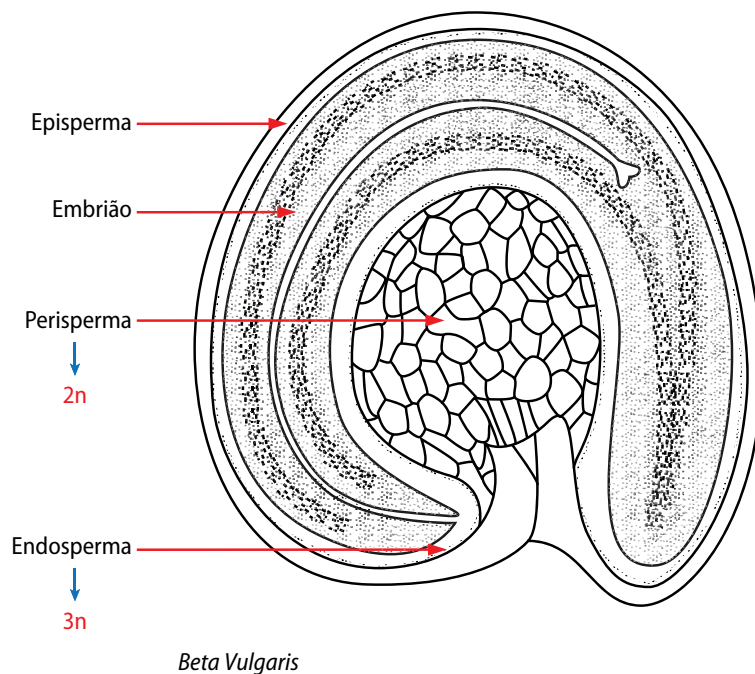


Figura 8.19 – Semente perispermada de *Beta vulgaris*, beterraba. Quando a reserva nutritiva se acumula em tecido remanescente do nucelo, o perisperma.

c) **Exendospérmicas ou exalbuminosas:** quando a reserva nutritiva foi consumida pelo embrião, podendo se acumular nos cotilédones, no eixo hipocótilo-radicular, ou em ambos. Nesse último caso, o embrião preenche toda a cavidade delimitada pelos envoltórios da semente, como ocorre em *Pisum sativum*, a ervilha (Figuras 8.16C e 8.20).

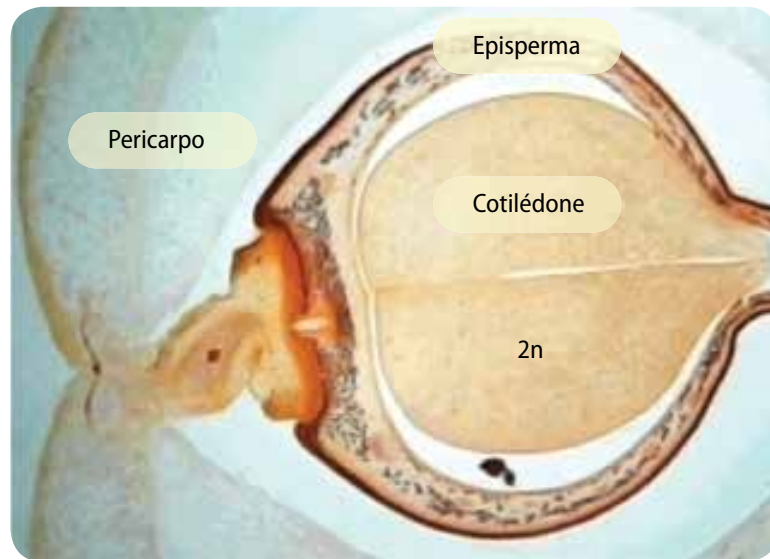


Figura 8.20 – Semente exalbuminosa de *Pisum stivum*, ervilha. Quando a semente não tem endosperma e a reserva se acumula nos cotilédones.

### 8.3.1 Tegumento

Após a fecundação, os tegumentos do óvulo iniciam a diferenciação, transformando-se em **testa**, ou tegumento externo, e **tégmen**, ou tegumento interno. Quando um único tegumento está presente, fala-se em testa. No processo de diferenciação, podem ocorrer divisões anticlinais e periclinais, crescimento, espessamento e alterações químicas de parede celular, vacuolização de protoplasma e até apoptose. As variações na estrutura da testa dependem de características específicas do óvulo, especialmente no que diz respeito à espessura do(s) tegumento(s) e ao arranjo do tecido vascular e, ainda, das modificações sofridas pelo tegumento durante o desenvolvimento e a maturação das sementes. As **sementes testais** podem apresentar uma epiderme da face externa como tecido mecânico constituído por macrosclereídes revestidos por cutícula e camada subcuticular, como no caso das leguminosas. As sementes tégmicas apresentam tecido mecânico ou esclerenquimático no tégmen, que pode ser a epiderme, um ou mais estratos do mesofilo, ou ainda, mais raramente, a epiderme interna.

Células taniníferas desenvolvem-se, com frequência, nas camadas mais externas das sementes e parecem estar relacionadas à proteção contra predadores e microorganismos, ao aumento da dureza dos tegumentos e à atribuição de cor à semente. Cristais

em geral, de oxalato de cálcio, solitários ou agrupados, constituindo drusas ou ráfides e areia cristalina, podem ocorrer em diversas partes dos tegumentos da semente.

### 8.3.2 Endosperma

O endosperma é usualmente triploide, formado pela fusão de um núcleo masculino com dois núcleos polares femininos. O endosperma maduro é formado por células compactamente arranjadas, de paredes finas ou espessadas, que contêm material de reserva como amido, proteínas, lipídios e outros. Há três tipos principais de endosperma: nuclear, celular e helobial, definidos por diferenças no começo do desenvolvimento.

- a) **Nuclear:** as divisões celulares iniciais são desacompanhadas pela citocinese (formação da parede celular), e o núcleo está inicialmente livre no citoplasma do saco embrionário, usualmente cercado por vacúolo central. Na maioria dos casos desse tipo, serve na formação das paredes, mas às vezes o núcleo no final da calaza fica livre, como ocorre no coco (*Cocos nucifera*) (Figura 8.18). A água de coco é o endosperma líquido, contendo muitos núcleos livres, e, quando se torna celular, forma a parte branca sólida, que é comestível.
- b) **Celular:** caracteriza-se pela ausência de divisões nucleares livres. As divisões são sempre acompanhadas pela formação da parede.
- c) **Helobial:** ocorre somente em monocotiledôneas e é considerada, às vezes, como tipo intermediário entre o endosperma nuclear e celular. A divisão do núcleo primário do endosperma é acompanhada pela formação de uma pequena câmara chalazal e de uma grande câmara micropilar. O núcleo da câmara micropilar migra até o ápice do saco embriomário e ali se iniciam as divisões, que não são acompanhadas pela citocinese. No entanto, com mitoses posteriores, são formadas as paredes celulares. A câmara calazal tem menos divisões nucleares, e esses núcleos ficam livres no citoplasma.

### 8.3.3 Embrião

O embrião, formado após a fecundação, nas dicotiledôneas, passa pelos estágios linear, globular, trapezoidal, cordiforme e torpedado. Esses termos referem-se à forma que ele adquire à medida que aumenta em número de células. No estágio globular, diferencia-se claramente um corpo principal (embrião propriamente dito), do qual se forma o corpo do embrião maduro e uma porção basal, o suspensor (Figura 8.21a). As principais funções do suspensor são empurrar o embrião até o tecido de reserva e absorver substâncias nutritivas da placenta, dos tegumentos ou do nuclero.

O desenvolvimento do embrião nas monocotiledôneas e nas demais angiospermas é similar até o estágio globular. A seguir, nas monocotiledôneas, o embrião assume a forma cilíndrica, pois apresenta apenas um cotilédone. Nas demais angiospermas, formam-se dois cotilédones em posição lateral e o embrião se torna cordiforme (Figura 8.21b).

O embrião, geralmente, consiste de um eixo, hipocótilo-radícula, um ou mais cotilédones e o primórdio caulinar. Os primórdios de raiz e caule podem ser apenas meristemas apicais. A primeira gema é denominada de **plúmula**, e sua parte caulinar, **epicótilo** (Figura 8.21c).

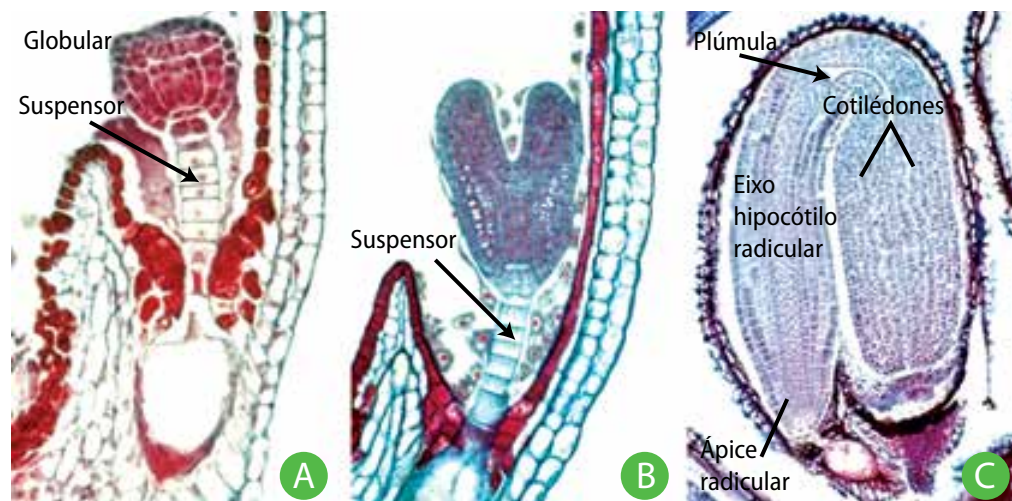


Figura 8.21 – Desenvolvimento do embrião de espécie de dicotiledônea. A = estágio globular; B = Cordiforme; C = Embrião formado, constituído pelo eixo hipocótilo-radícula.

## Resumo

As flores são formadas por quatro tipos de estruturas: sépalas (cálice), pétalas (corola), estames (androceu) e carpelos (gineceu). As sépalas e pétalas são folhas modificadas, e sua anatomia pode ser interpretada como uma folha com função de proteção. A epiderme das sépalas e pétalas normalmente é unisseriada, podendo ocorrer papilas, tricomas tectores ou glandulares, uni ou pluricelulares, simples ou ramificados e estômatos. O mesofilo normalmente é parenquimático, mas pode também ocorrer colênquima. Os estames são filamentos delgados e cilíndricos, com epiderme, parênquima e um a três feixes vasculares. A antera normalmente tem duas tecas com dois esporângios. A abertura da antera denomina-se **etômio**. Os grãos-de-pólen formam-se no interior da antera, a partir dos microsporócitos. O carpelo apresenta estrutura foliar, a qual se dobra e tem suas margens fundidas para abrigar os óvulos. São compostos por três partes básicas: estigma, estilete e ovário. O estigma é constituído por um tecido glandular secretor. O estilete pode ser sólido ou oco. O ovário pode ter epiderme com tricomas, seguido por parênquima e feixes vasculares dorsais e marginais. No ovário podemos encontrar um ou mais óvulos. O óvulo origina-se por divisões de células da parede do ovário e é constituído por funículo, nucelo e saco embrionário e micrópila. O óvulo pode ser unitegumentado ou bitegumentado, ortótropo, anátropo ou campilótropo.

O fruto é o ovário amadurecido de uma flor, formado após a fecundação. O fruto é denominado também de pericarpo e é constituído pelas camadas exocarpo ou epicarpo, mesocarpo e endocarpo. O exocarpo e o endocarpo correspondem à epiderme externa e interna do ovário, respectivamente, e ambos normalmente são unisseriados. O mesocarpo é constituído pelo tecido entre a epiderme interna e externa do ovário, isto é, o mesofilo da folha carpelar. O sistema vascular do fruto é o mesmo do ovário.

A semente origina-se do óvulo fecundado. Nas angiospermas, a semente é constituída basicamente de três partes: tegumento (perisperma), endosperma e embrião. As sementes podem ser classificadas em endospermicas ou albuminosas, perispermadas ou exendospermicas e exalbuminosas. Os tegumentos do óvulo, na semente, se transformam em testa e em tégmen. O endosperma é normalmente triplóide, formado pela fusão de um núcleo masculino com dois núcleos polares femininos. Há três tipos principais de endosperma: nuclear, celular e helobial. O embrião, formado após a fecundação, nas dicotiledôneas, passa pelos estágios linear, globular, trapezoidal, cordiforme e torpedo. Nas monocotiledôneas, o embrião é similar até a fase globular, e depois assume a forma cilíndrica, pois apresenta apenas um cotilédone. O embrião, geralmente, consiste de um eixo hipocótilo-radícula, um ou mais cotilédones e o primórdio caulinar.

## Referências

- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M. (Ed.). *Anatomia Vegetal*. Viçosa: Editora Folha de Viçosa Ltda., 2003. 438p.
- ESAU, K. *Anatomia das Plantas com Sementes*. São Paulo: EPU-EDUSP, 1974. 293p.
- FAHN, A. *Anatomia Vegetal*. Madrid: H. Blume Ediciones, 1978. 643p.
- MAUSETH, J.D. *Plant Anatomy*. California: The Benjamin/Cummings Publ. Co., 1988. 458p.
- SOUZA, L.A. de. *Morfologia e Anatomia Vegetal: célula, tecidos, órgãos e plântula*. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2003. 259p.

