

MÓDULO 2: Histologia vegetal:

- **A célula vegetal:** caracterização dos componentes celulares.
- **Tecidos vegetais:** meristemas, tecidos definitivos, tecidos de suporte e tecidos condutores.
- **Caracterização e diferenciação**





Tecidos vegetais:

1. Raiz

1.1 Corpo primário

1.2 Crescimento secundário

2. Caule

2.1 Corpo primário

2.2 Crescimento secundário

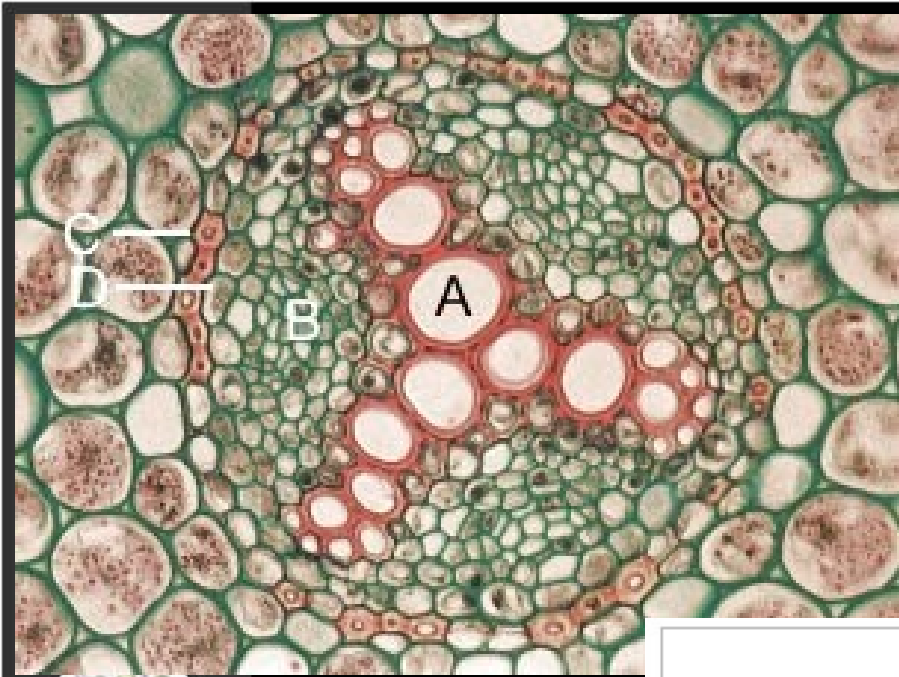
3. Folha



Tecidos vegetais:

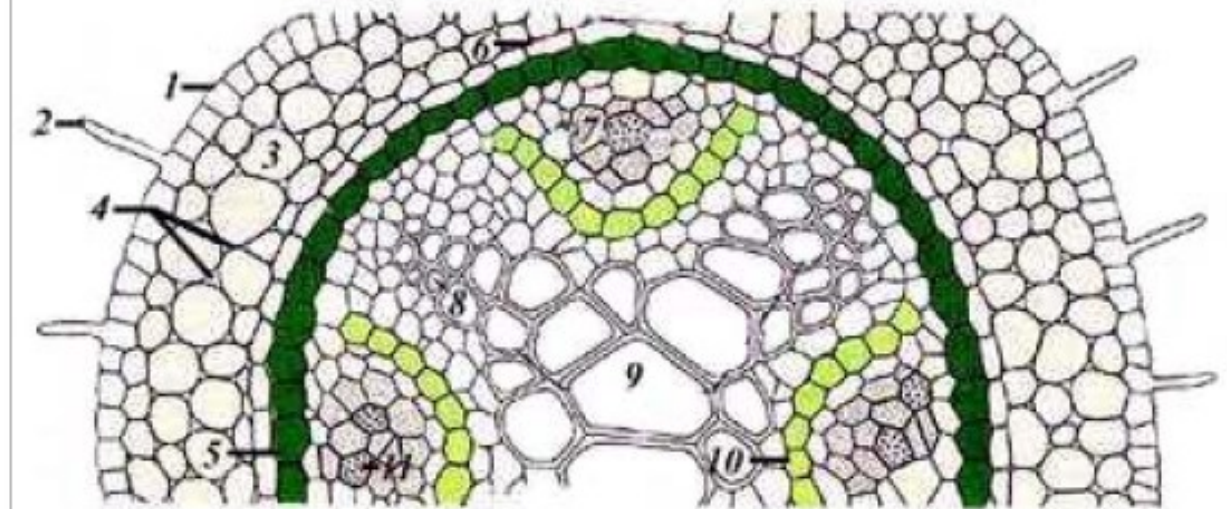
1. Raiz

1.1 Corpo primário



A - xilema
B - floema
C - endoderme
D - periciclo

endoderme - células mais internas do córtex, em redor da região vascular
cilindro vascular – inclui periciclo e tecidos vasculares primários



1 Epiderme, 2 = pêlo radicular, 3 = córtex, 4 = espaços intercelulares, 5 = periciclo, 6 = endoderme, 7 = floema primário, 8 = protoxilema, 9 = metaxilema, 10 = iniciais do câmbio vascular, 11 = placa crivosa.





Características da raiz

- feixes de floema e xilema alternados
- protoxilema exarco – posição externa do protoxilema em relação ao metaxilema (maior dimensão)
- xilema centrípeto – cresce de fora para dentro

Dicotiledóneas e gimnospérmicas

- número reduzido de feixes condutores
- feixes condutores ocupam o centro da raiz

Padrões de xilema

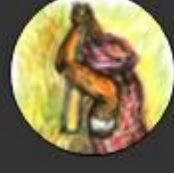
- diarca
- triarca
- tetrarca

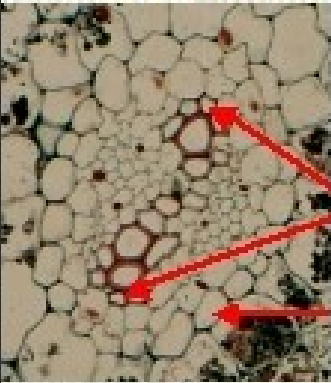
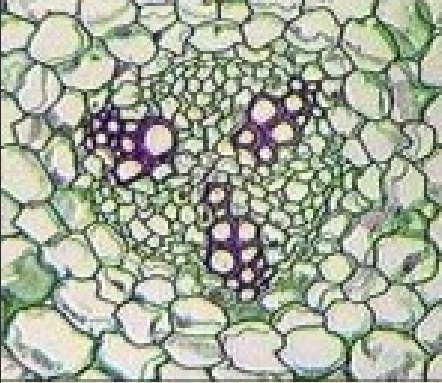
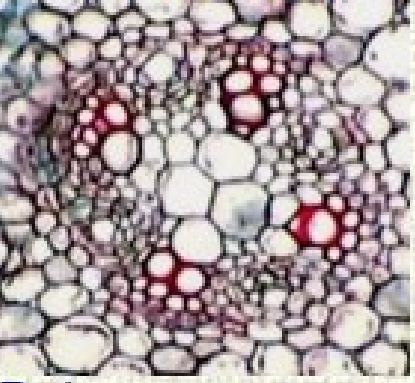
Dicotiledóneas

- poliarca (+ de 10) — **Monocotiledóneas**

Monocotiledóneas

- poliarca
- medula ocupa o centro da raiz



Tipos de raízes primarias		
Diarca en <i>Actaea</i> (Dicotiledónea)	Triarca en <i>Botrychium</i> (Pteridofita)	Tetrarca en <i>Ranunculus</i> (Dicotiledónea)
 <p>protoxilema</p> <p>endodermis</p> <p>student.lakeareatech.edu</p>	 <p>www.uleth.ca</p>	 <p>Raíz</p>

<http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema20/20-4Cilindro.htm>

Padrões de xilema

- diarca

- triarca

- tetrarca

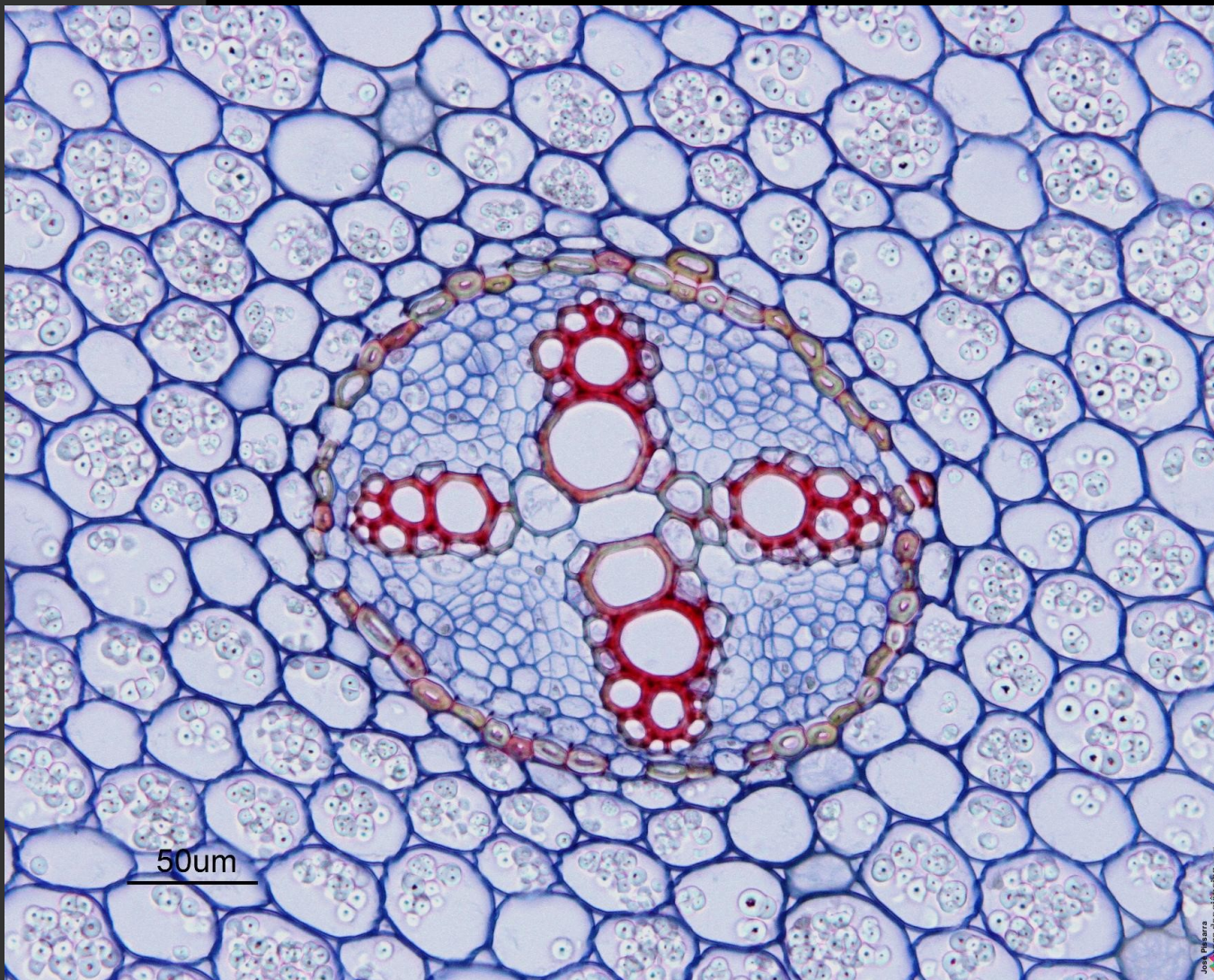
- poliarca (+ de 10) — Monocotiledóneas

} Dicotiledóneas



50µm

- poliarca (+ de 10) — Monocotiledóneas



- diarca

- triarca

- tetarca

- poliarca (+ de 10) — Monocotiledóneas

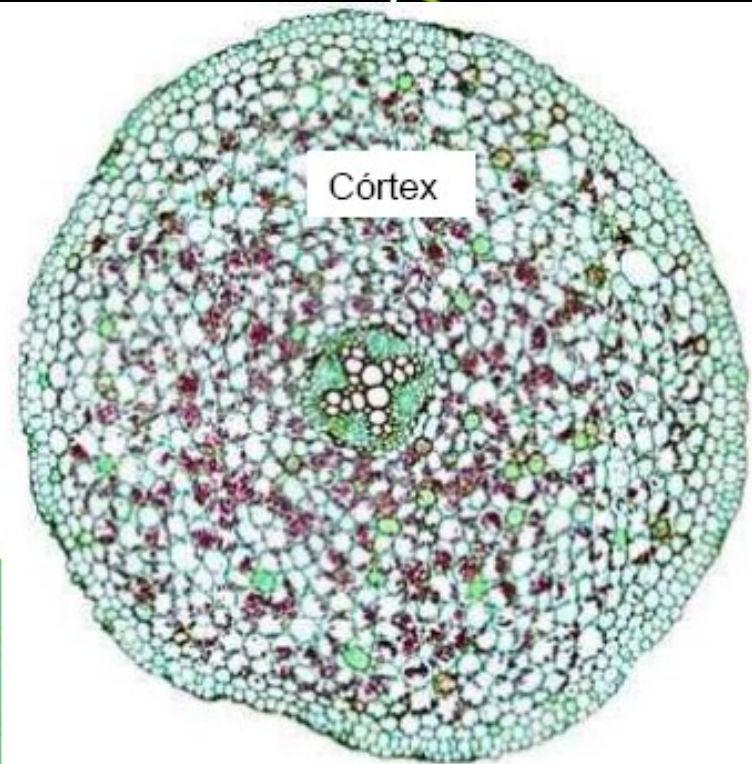
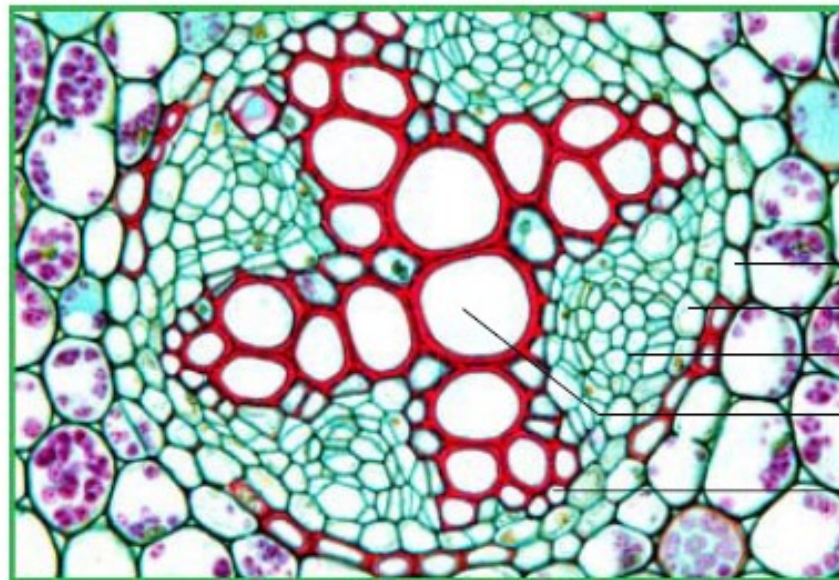
Dicotiledóneas

Xilema tetrarca

Dicotilédoneas

Corte transversal da raiz de
Ranunculus sp.

Detalhe do cilindro vascular

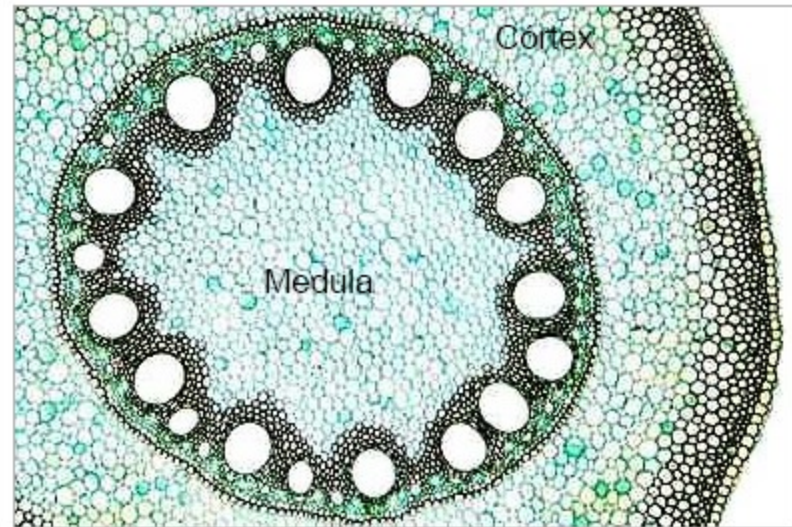
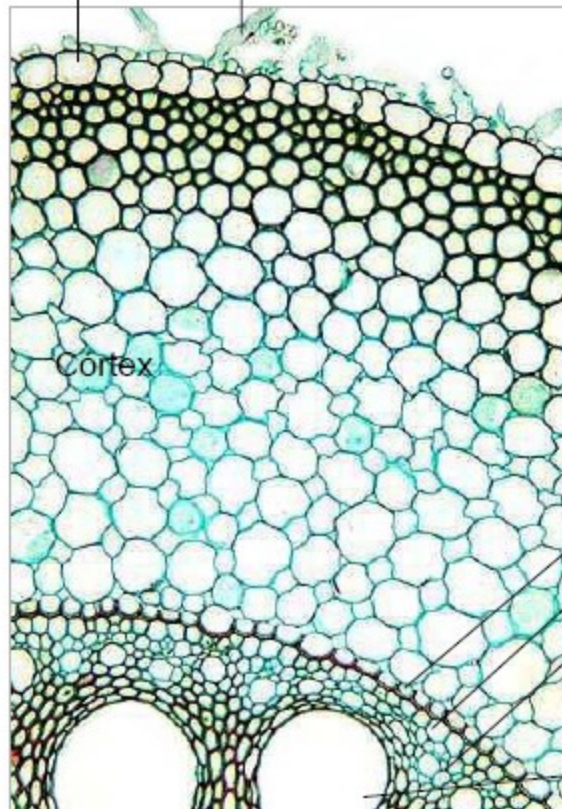


Endoderme
Periciclo
Floema primário
Metaxilema (vl)
Protoxilema

- nº reduzido de
feixes condutores
ocupam o
centro da raiz

Raiz de Monocotilédonea

Epiderme Pêlos radiculares



Exoderme

Corte transversal da raiz de milho (*Zea mays* L.)

Endoderme

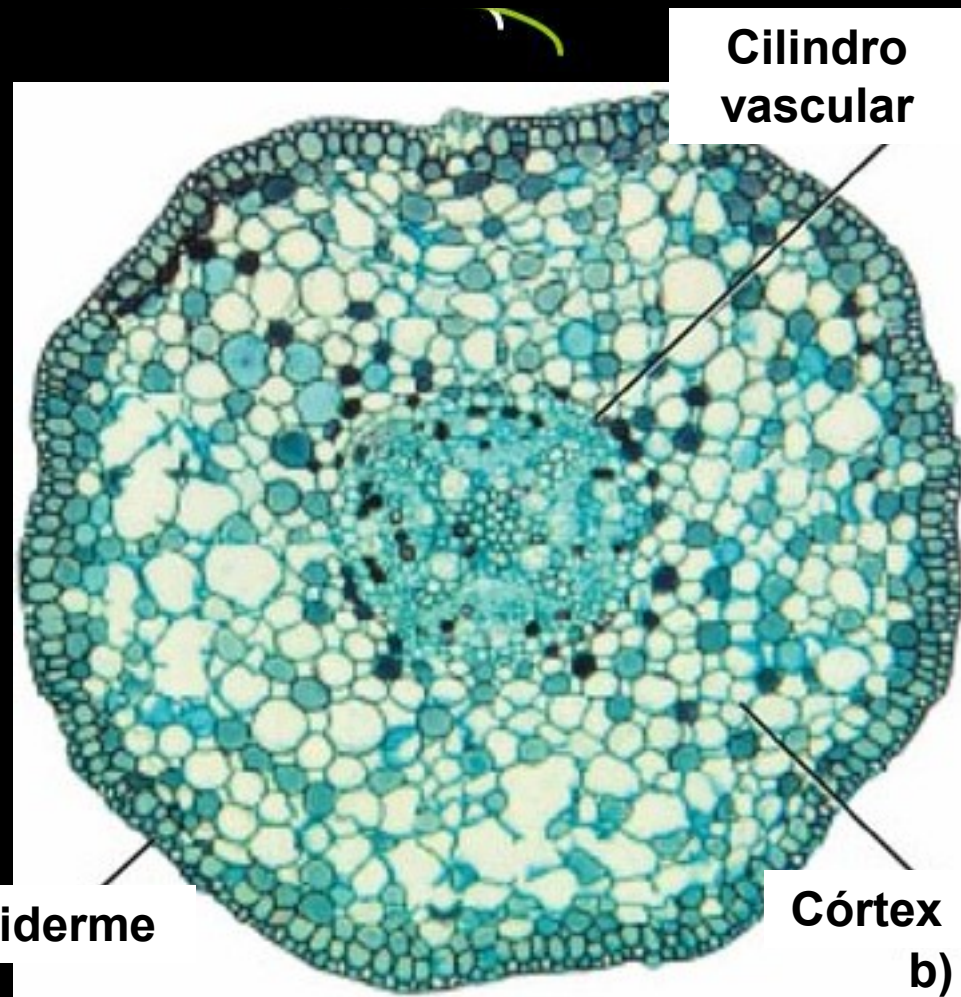
Periciclo

Floema primário

Vaso de metaxilema

Xilema poliarca

medula ocupa o
centro da raiz

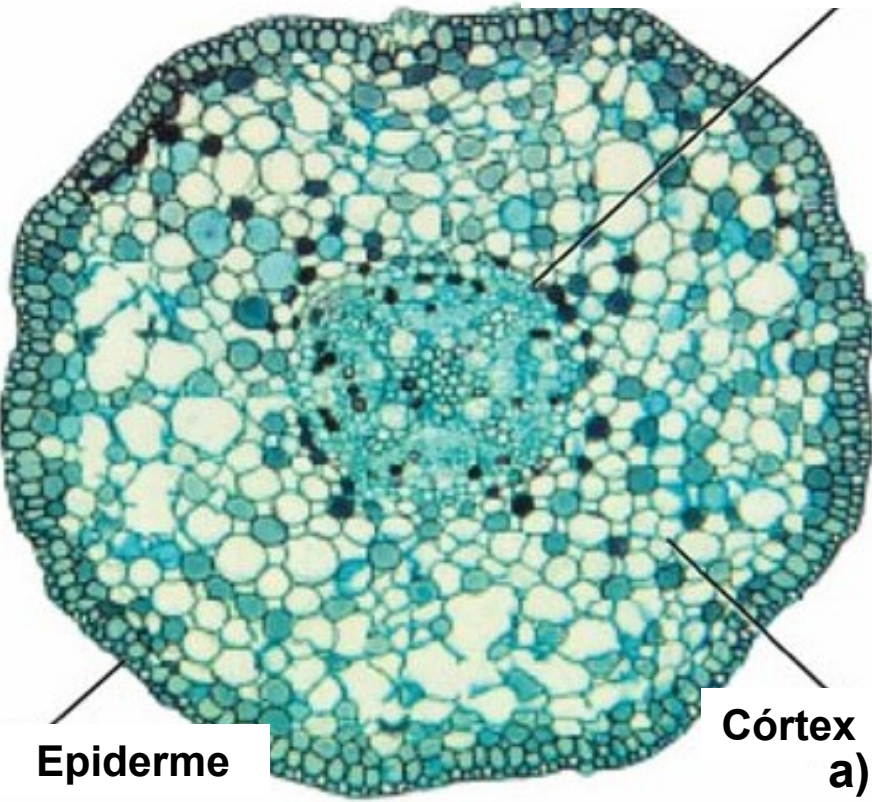


Estrutura primária de raízes a) de uma *Lilipsida* b) de uma *Magnoliopsida*





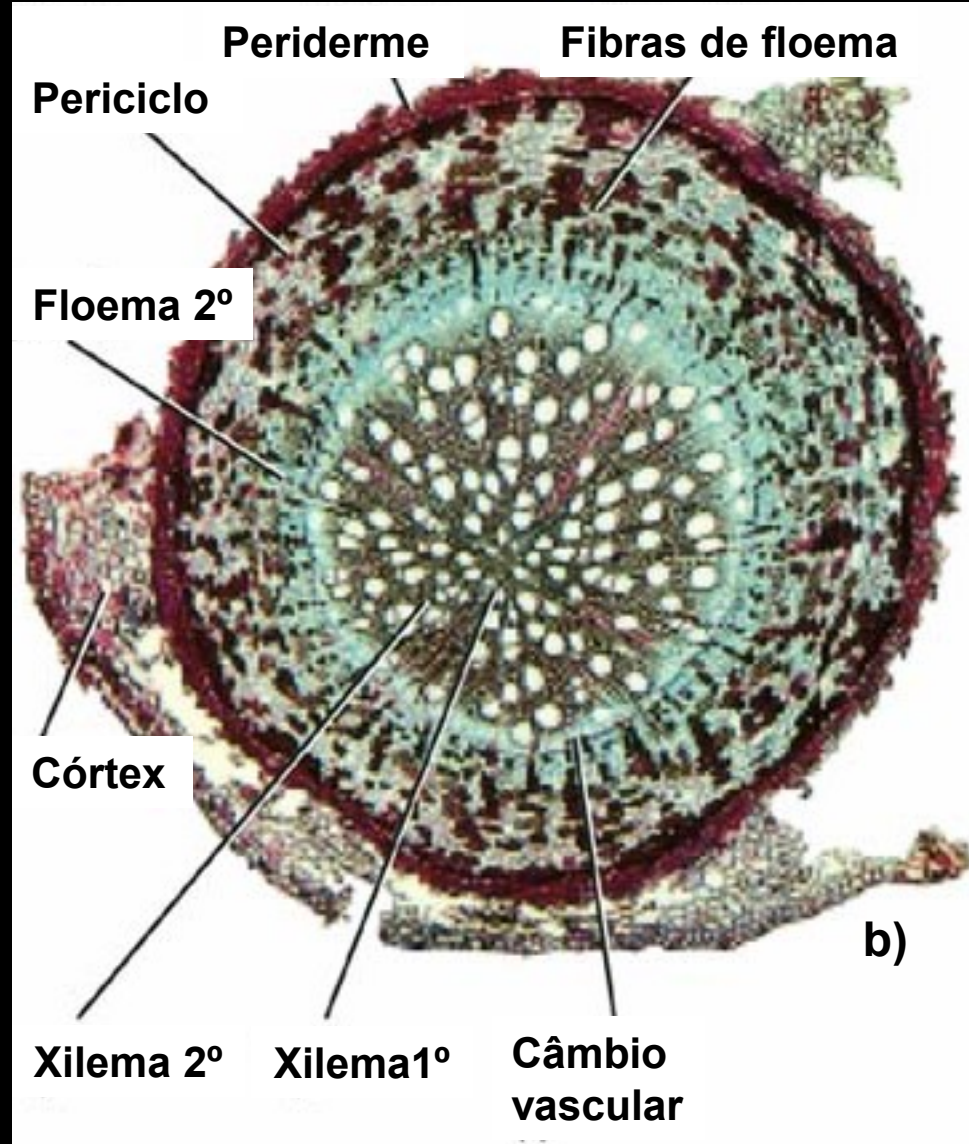
Cilindro vascular



Estágios de desenvolvimento de uma raiz de *Salix* sp.

a) raiz em crescimento 1º

b) raiz após 1 ano de crescimento, mostrando os efeitos do crescimento 2º no corpo 1º da planta





Tecidos vegetais:

1. Raiz

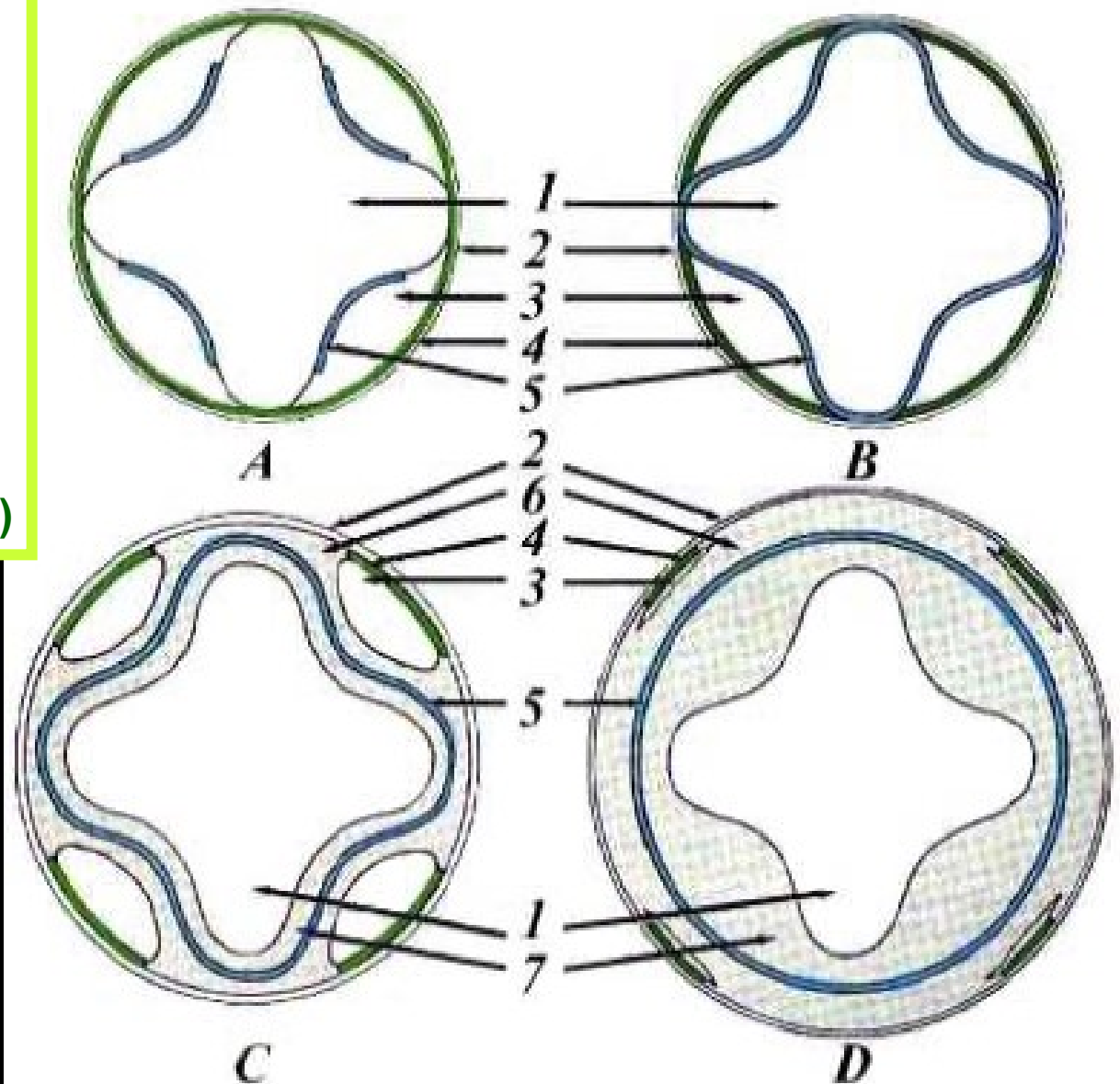
1.2 Desenvolvimento do crescimento secundário

Crescimento secundário

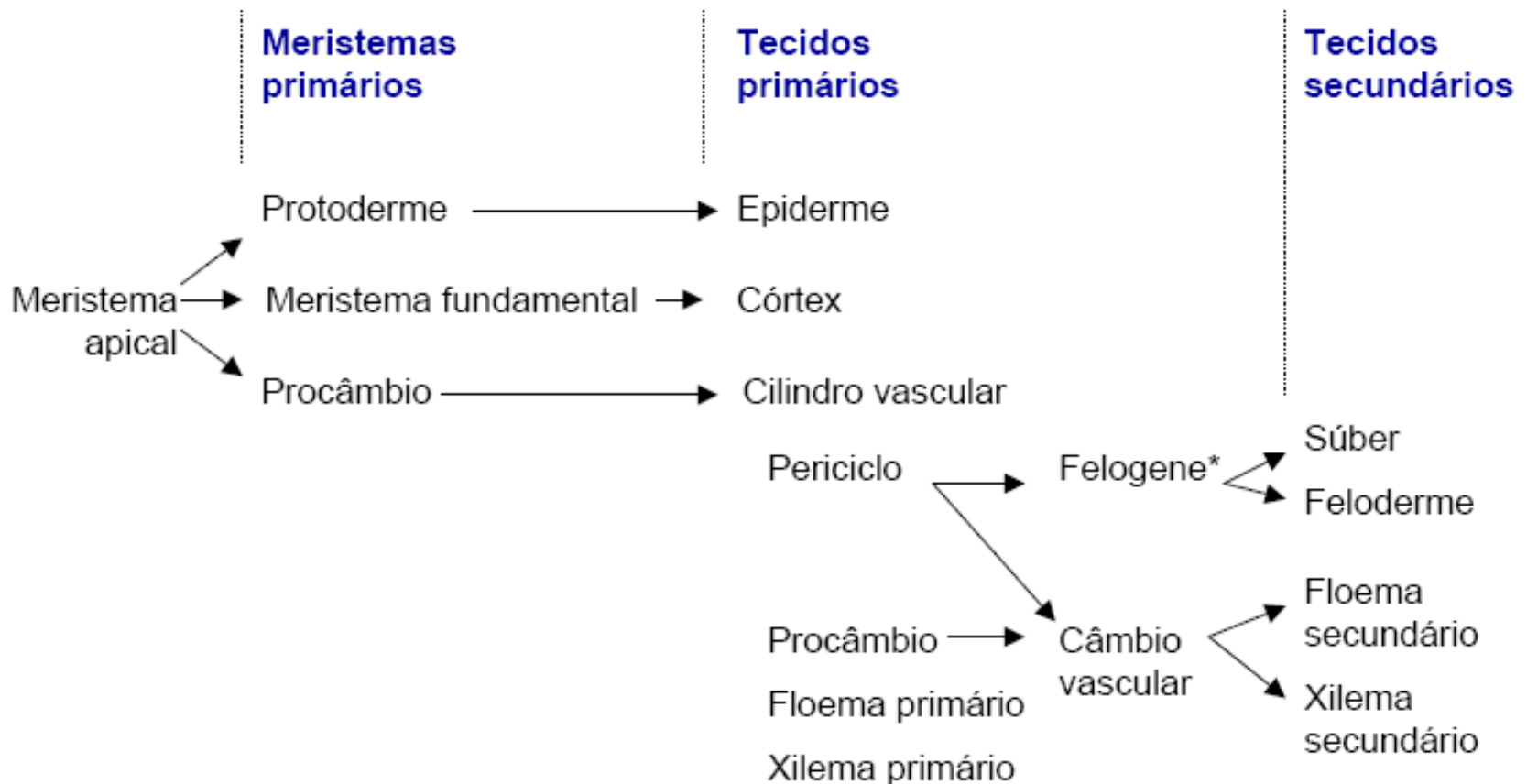
Nas plantas lenhosas perenes, a raiz principal apresenta grande engrossamento secundário (**cilindro central**):
dicotiledóneas – A e C
gimnospermas – B e D)

1 **xilema** primário
2 endoderme
3 **floema** primário
4 periciclo
5 câmbio vascular

6 **floema** secundário
7 **xilema** secundário



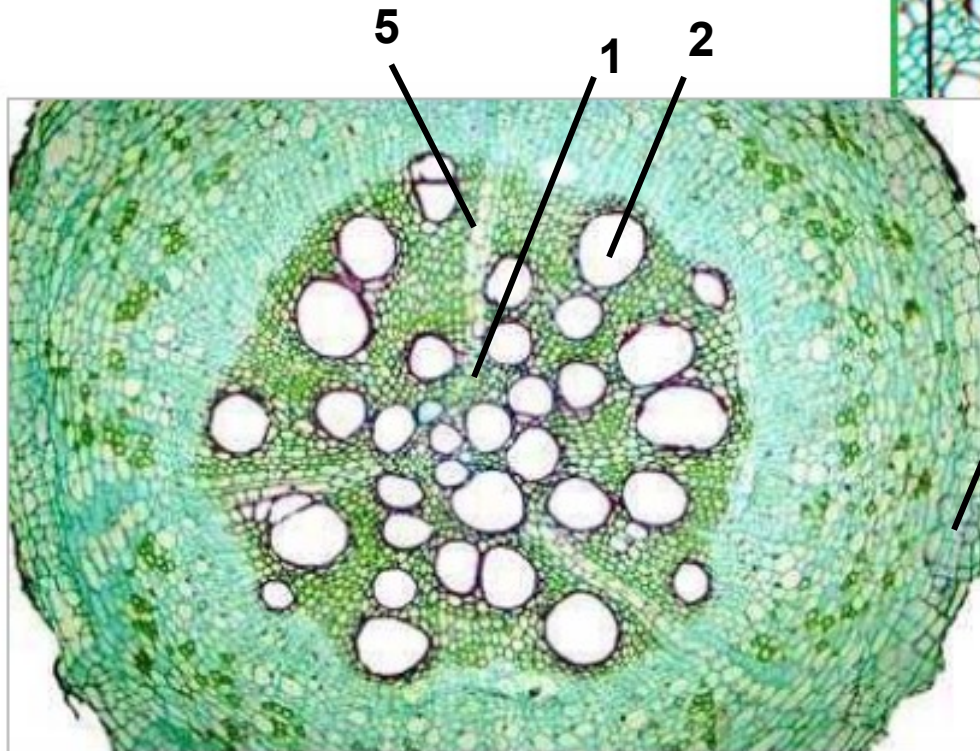
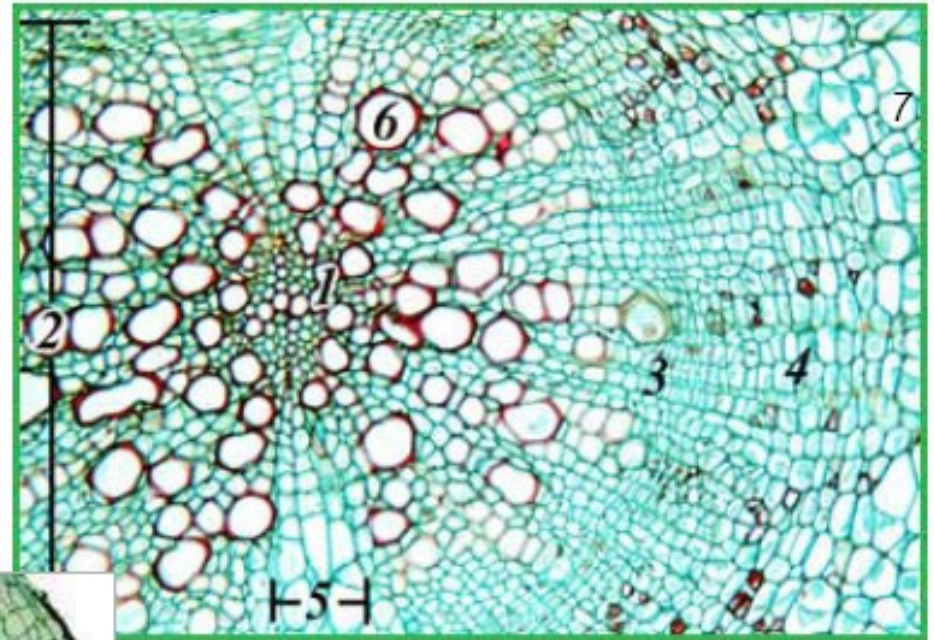
Resumo do desenvolvimento da raiz de uma dicotilédonea



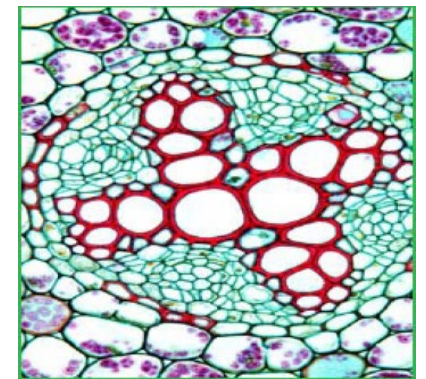
* Ou câmbio subero-felodérmico; a felogene, o súber e a feloderme, no seu conjunto, formam a periderme

Corte transversal da raiz de
Beta vulgaris

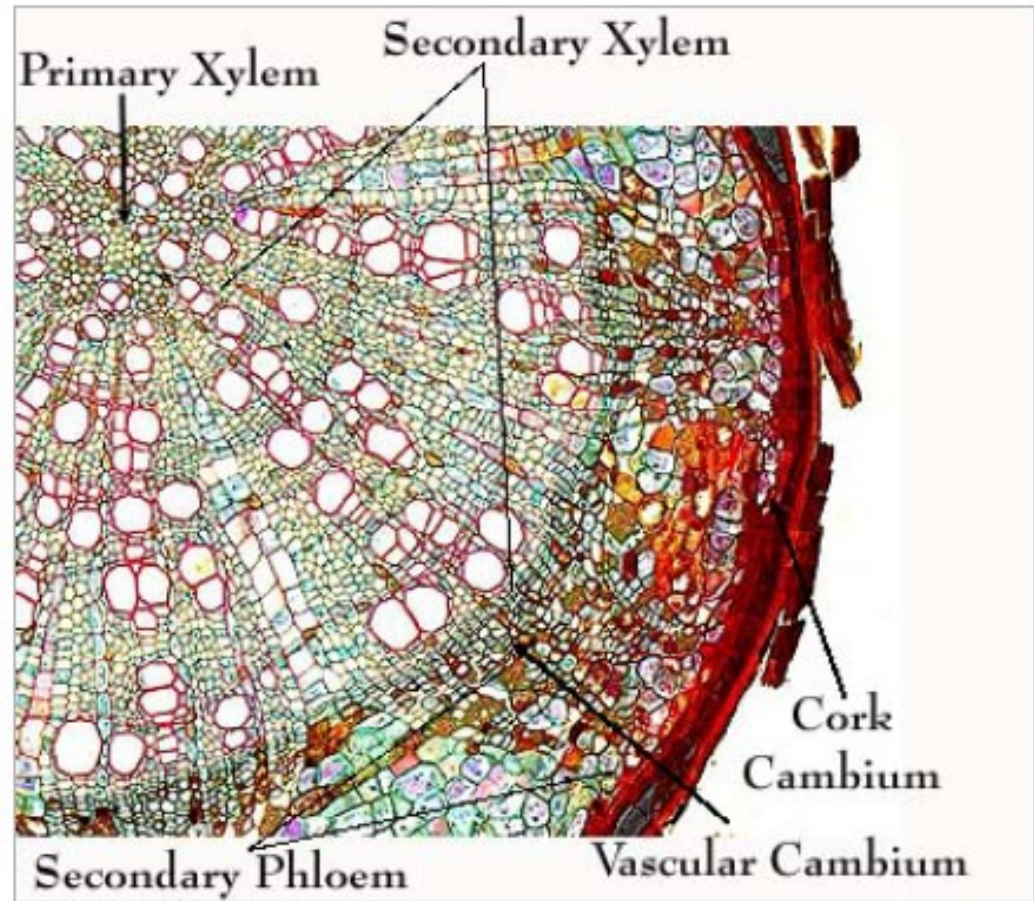
1 = xilema primário, 2 = xilema secundário, 3 = câmbio vascular, 4 = floema secundário, 5 = raio de parênquima, 6 = elemento de vaso lenhoso, 7 = córtex.



Corte transversal da raiz de
Ricinus communis



Corte transversal da raiz de
Tilia americana



Relativamente ao caule, as raízes com crescimento secundário apresentam menor lenhificação e uma maior proporção de parênquima.

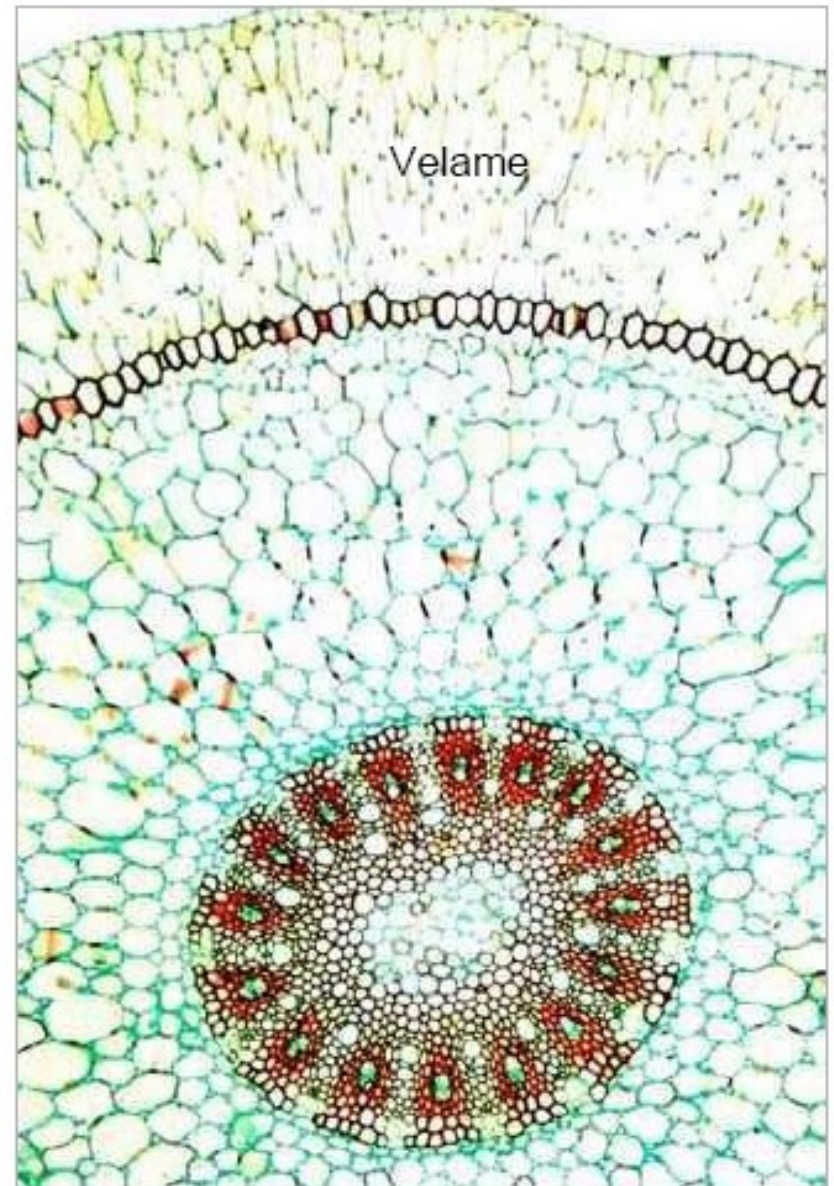
Frequentemente, os elementos de vaso lenhoso das raízes são mais largos do que os do caule.

Corte transversal da raiz de
Dendrobium

Velame:

Várias camadas de células epidérmicas que se encontram nas raízes de **plantas epífitas**.

O velame proporciona protecção mecânica para o córtex e reduz a perda de água; pode ainda funcionar como estrutura de absorção de água.





Tecidos vegetais:

2. Caule

2.1 Corpo primário

Na estrutura primária do caule, há a considerar, em corte transversal, 3 zonas:

- **epiderme** – pode apresentar pêlos pluricelulares e, em caules aéreos, apresentar estomas; consiste geralmente, de uma camada de células com cutícula e paredes cutinizadas

- **zona cortical ou cortex** – pouco extensa em relação ao cilindro central, com parênquima, no qual se situam geralmente os tecidos de suporte; não se distingue a endoderme

Os caules das coníferas e das angiospérmicas, geralmente, não possuem endoderme diferenciada morfologicamente. Nos caules mais jovens, as camadas mais internas do cortex podem conter amido em abundância.

Algumas dicotiledóneas, desenvolvem estrias da Caspary (espessamento com suberina e lenhina) na camada cortical mais interna e muitas plantas vasculares inferiores têm endoderme claramente diferenciada nos caules.

- **cilindro central** – onde se encontram feixes duplos libero-lenhosos, entre os feixes duplos encontram-se raios medulares

Características do caule:

- **feixes duplos**
- **protoxilema endarco** - posição interna do protoxilema em relação ao metaxilema
- **xilema centrífugo** - cresce de dentro para fora

Monocotiledóneas

- Feixes duplos dispostos irregularmente

Dicotiledóneas e Gimnospérmicas

- Feixes duplos dispostos circularmente



Monocotiledóneas

Dicotiledóneas e
Gimnospérmicas

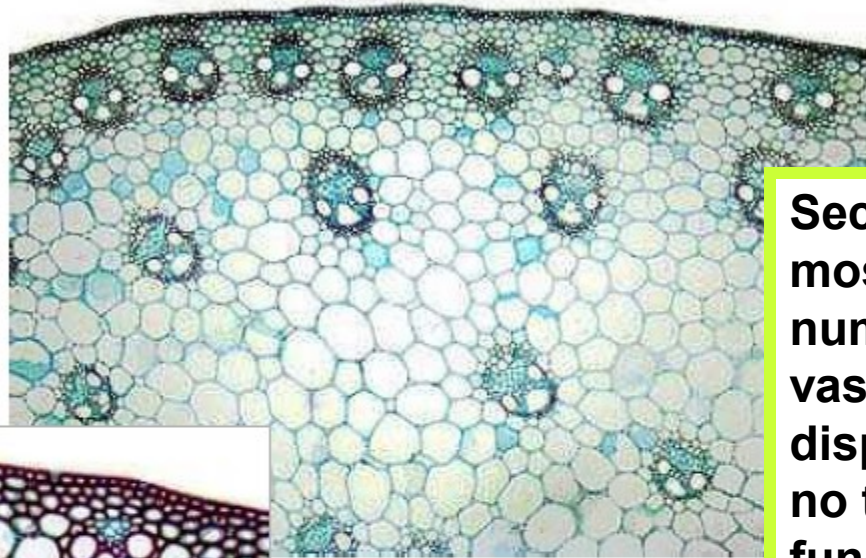


2. Caule

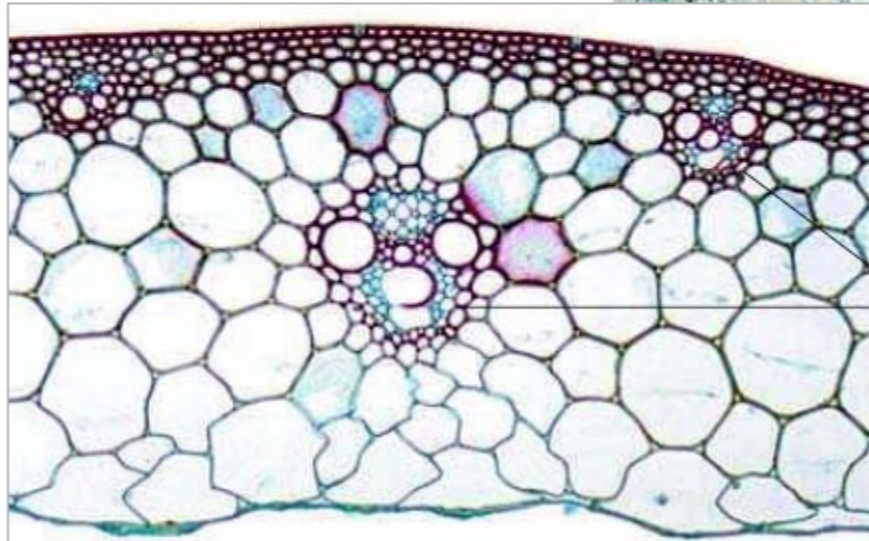
2.1. Corpo primário

Monocotilédoneas

Corte transversal do caule de Milho
Zea mays L.

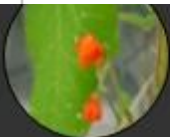


Secção transversal mostrando numerosos feixes vasculares, dispostos ao acaso no tecido fundamental



Feixes vasculares colaterais fechados

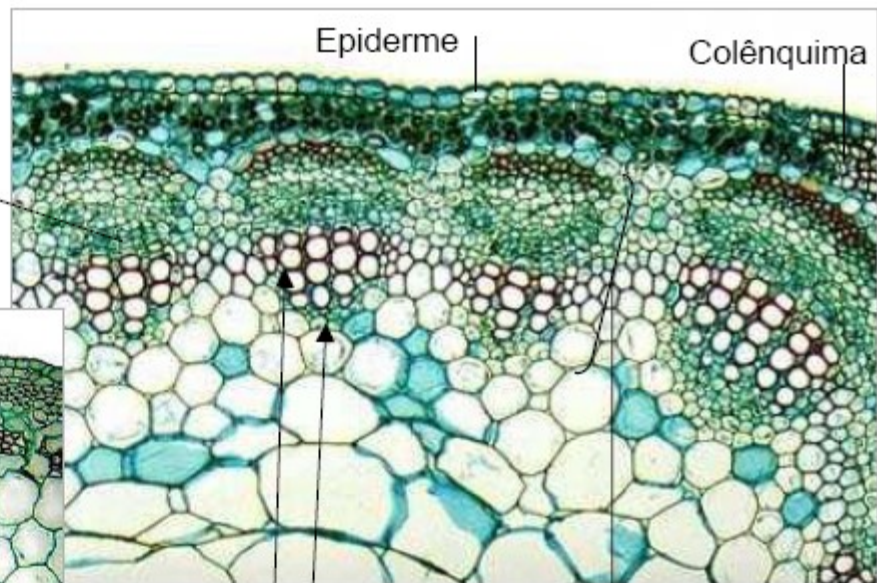
Aspecto do caule de trigo (*Triticum aestivum*) em corte transversal



Corte transversal do caule de *Medicago sativa*

Câmbio vascular

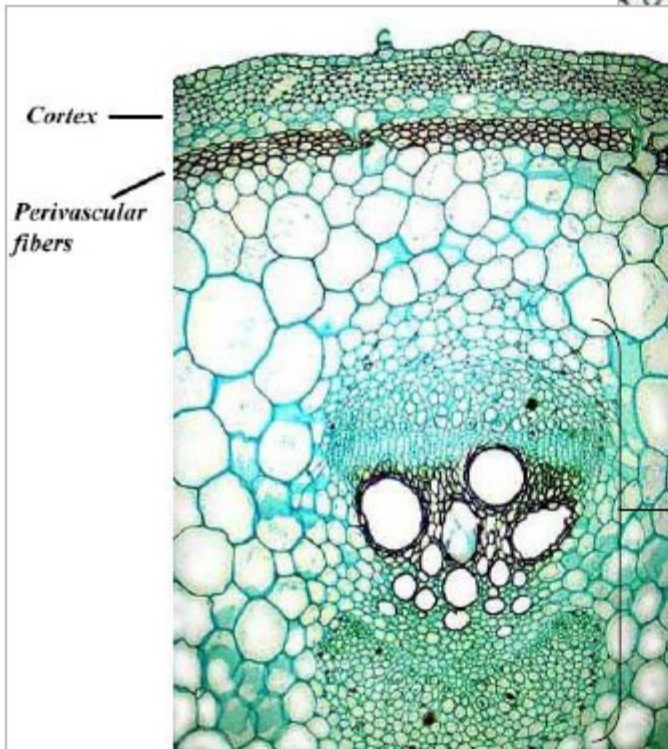
Dicotilédoneas



Protoxilema

Metaxilema

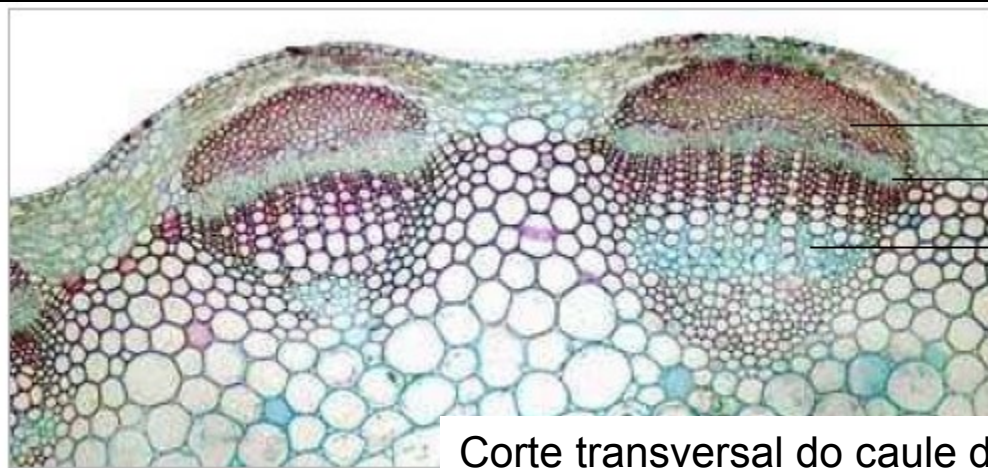
Feixes vasculares
colaterais abertos



Feixe vascular bicolateral

**Feixes vasculares,
dispostos
circularmente**

Corte transversal do caule de *Cucurbita*

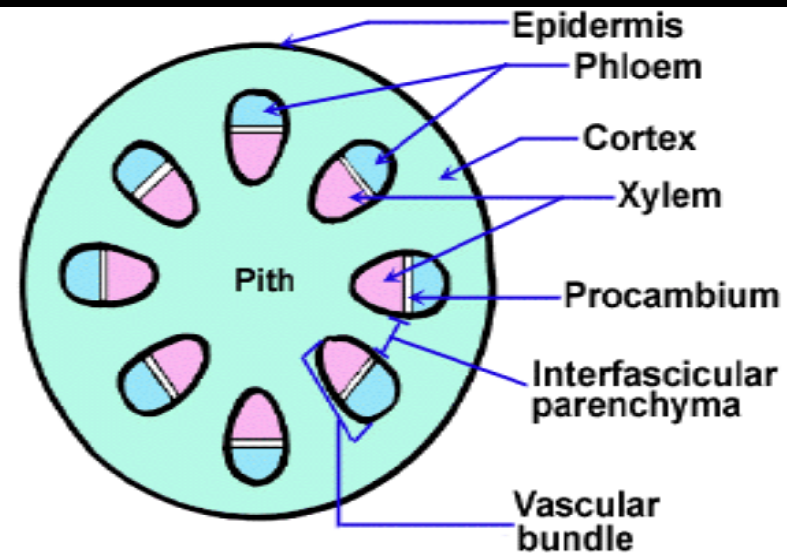
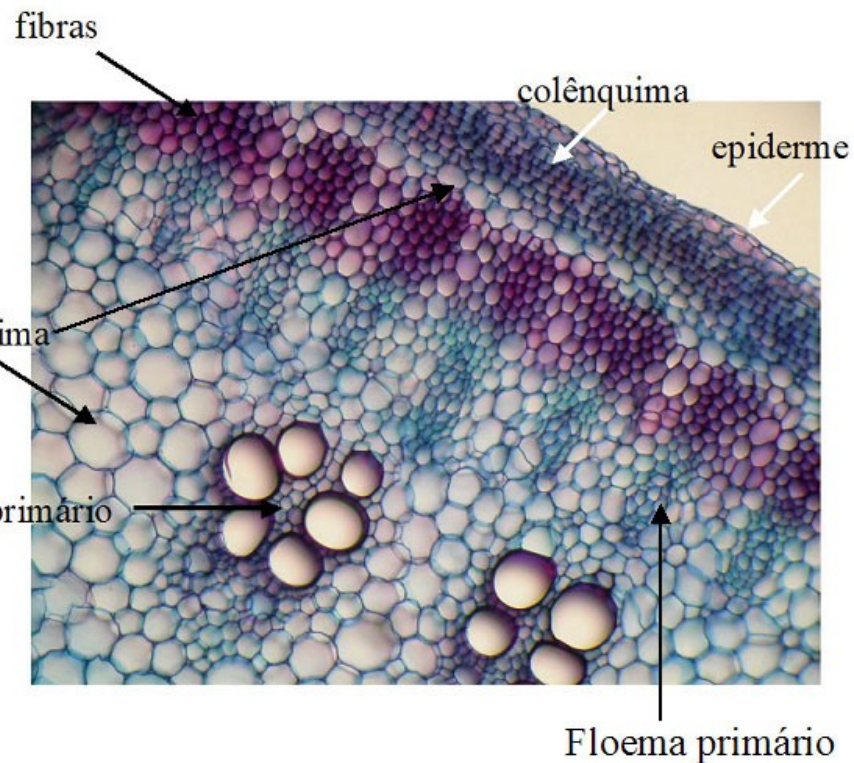


Floema primário

Câmbio vascular

Xilema primário

Corte transversal do caule de *Trifolium* sp.



Representação esquemática dos tecidos num caule de dicotilédonea com crescimento primário

Caule da videira

A microscopic cross-section of a grape stem (Caule da videira) showing various tissues. The image displays a complex arrangement of cells, including a thick outer epidermis, a large area of parenchyma (parênquima) in the center, and vascular bundles containing primary xylem (xilema primário) and primary phloem (floema primário). The epidermis is the outermost layer, followed by a layer of collenchyma (colênquima). The vascular bundles are arranged in a ring-like pattern, with the xylem and phloem separated by a thin layer of cells. The overall structure is highly organized and shows clear cellular boundaries.

colênquima

epiderme

**floema
primário**

**xilema
primário**

parênquima



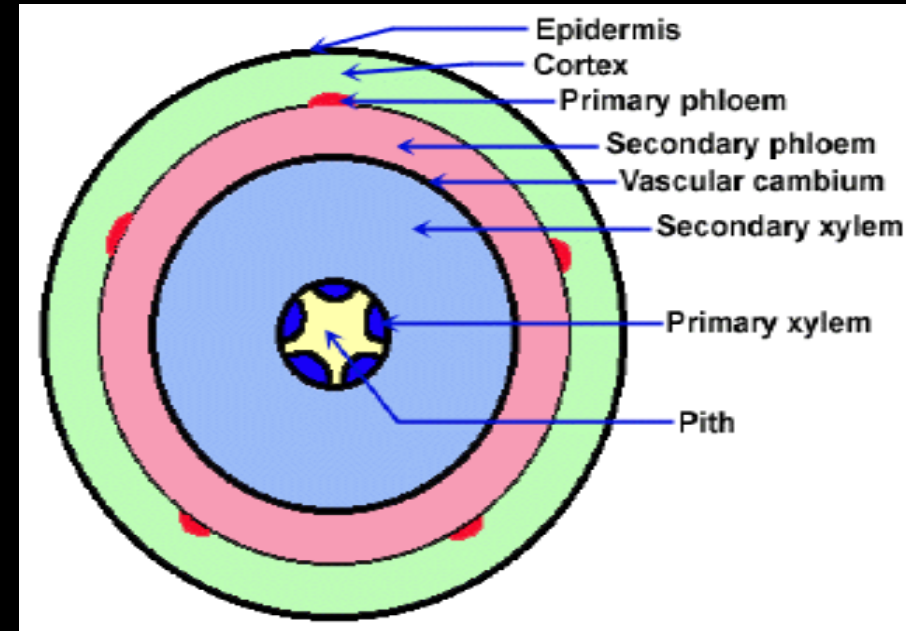
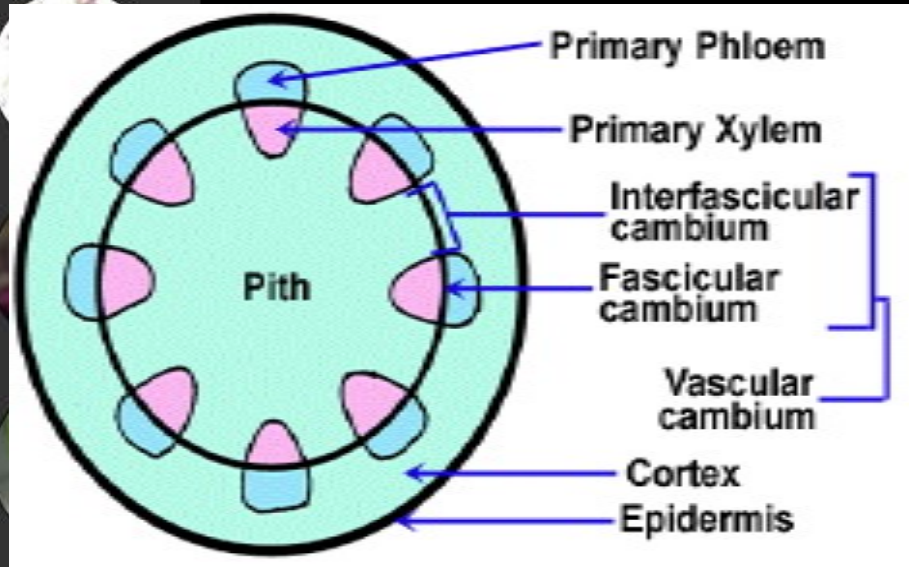
Tecidos vegetais:

2. Caule

2.2 Crescimento secundário

As dicotiledóneas e as gimnosspérmicas desenvolvem estruturas secundárias no caule, devido à actividade de um câmbio libero-lenhoso localizado entre o liber e o lenho primários – câmbio fascicular.

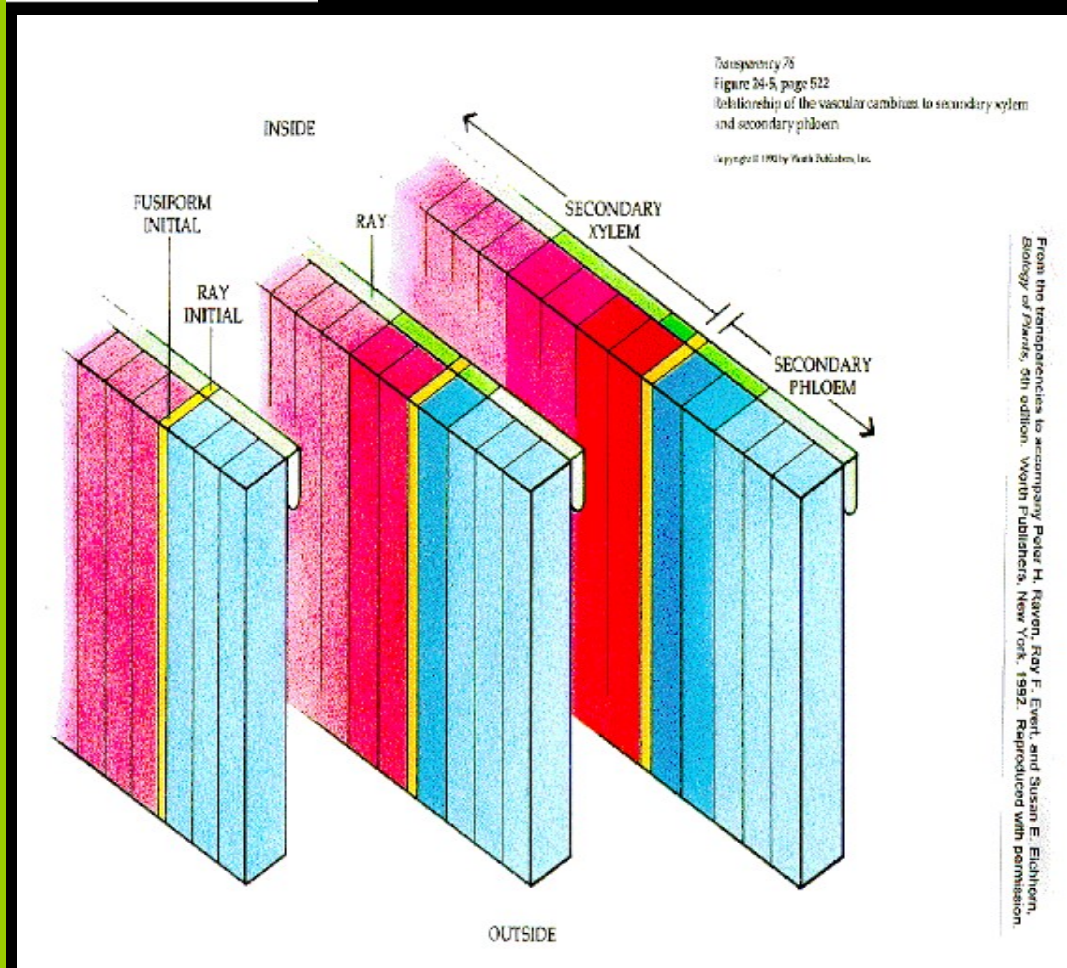
O câmbio fascicular produz, **para fora**, células que se diferenciam em **liber secundário (floema)** e, **para dentro**, células que se diferenciam em **lenho secundário (xilema)**.



Relação do câmbio vascular e tecidos seus derivados

O câmbio vascular é composto por dois tipos de células - **iniciais fusiformes** e **iniciais radiais** - que dão origem ao sistema axial e radial, respectivamente, dos tecidos vasculares secundários.

As **iniciais fusiformes** dividem-se periciclinamente e produzem xilema e floema secundário. Com a divisão de uma inicial, uma célula-filha (a inicial) continua meristemática e a outra (derivada da inicial) pode formar uma ou mais células do tecido

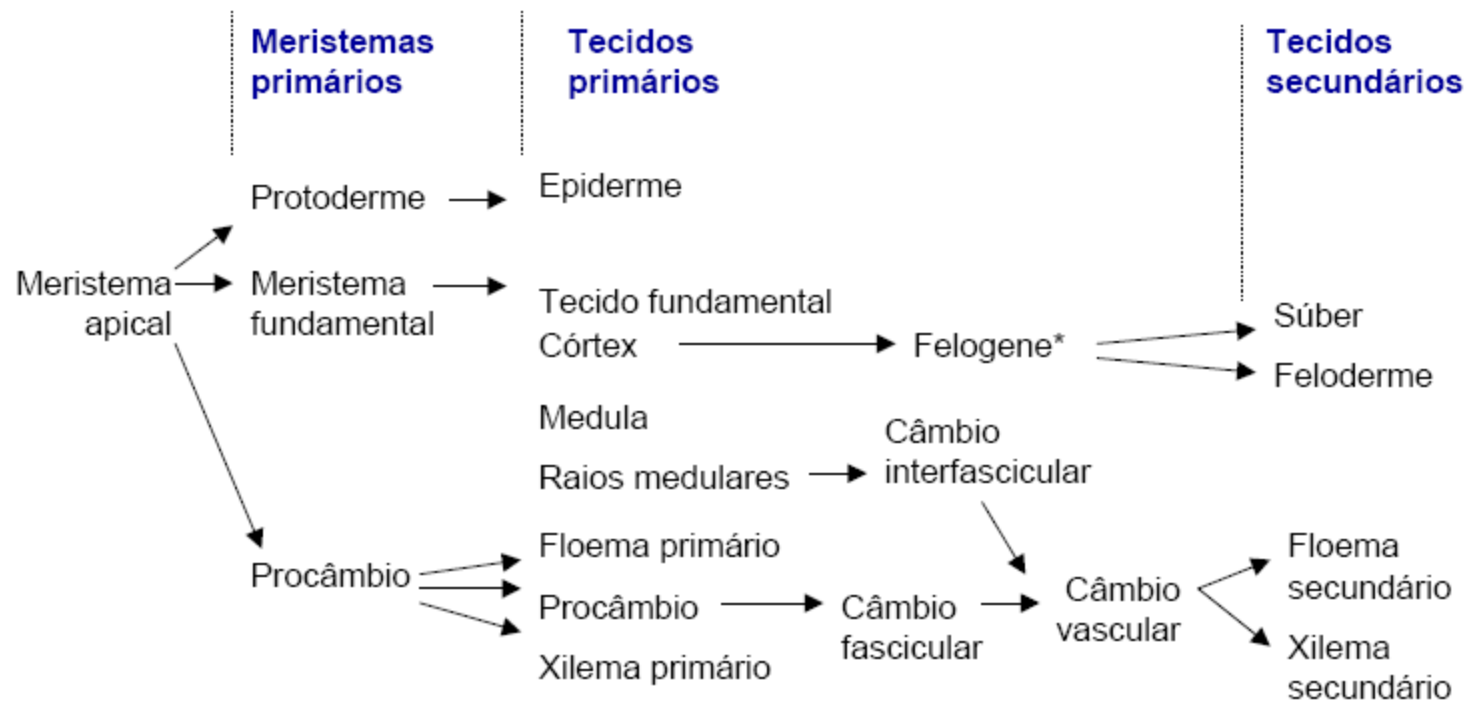


As células produzidas em direcção à **superfície interna** com câmbio vascular formam os elementos de **xilema** e as produzidas em direcção à **superfície externa** formam os elementos de **floema**.

As **iniciais radiais** dividem-se para formar os **raios vasculares**, que formam um ângulo recto com as iniciais fusiformes.

As células mais escuras são as mais recentes.

Resumo do desenvolvimento do caule de uma dicotilédonea



* Ou câmbio subero-felodérmico; a felogene, o súber e a feloderme, no seu conjunto, formam a periderme

Caule - Crescimento secundário - dicotilédoneas

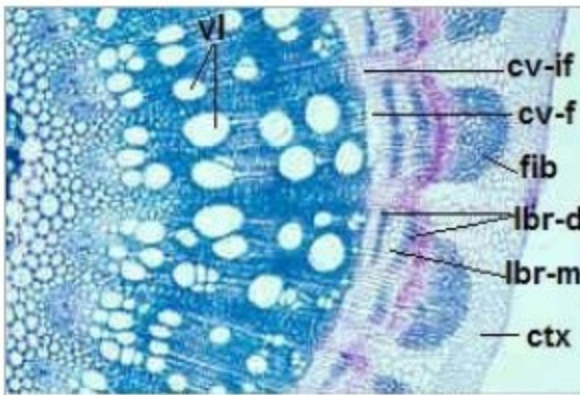


Fig. 24 - Corte transv. do caule de videira.

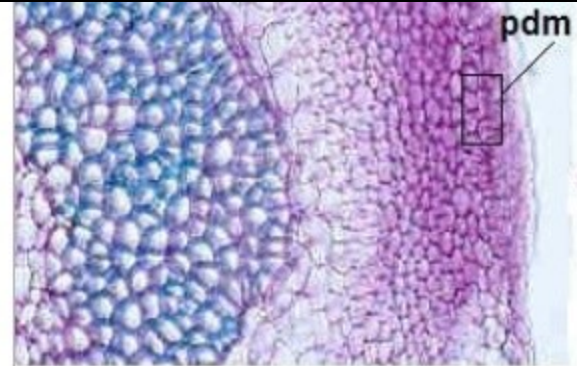


Fig. 25 - Corte transv. do caule de videira (formação da periderme).

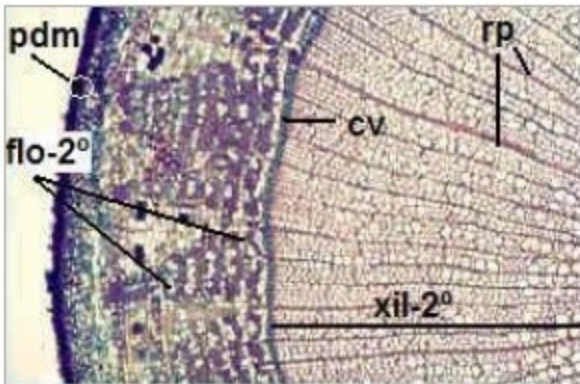


Fig. 26 - Corte transversal do caule de lília.

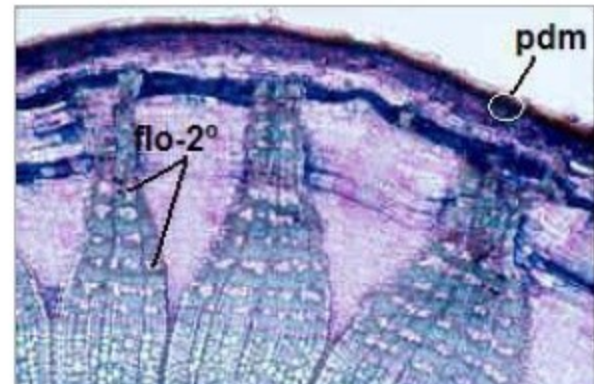


Fig. 27 - Corte transversal do caule de lília.

cv - câmbio vascular; cv-f - câmbio fascicular; cv-if - câmbio inter-fascicular; pdm - periderme; ctx - cortex; flo-2º - floema secundário; fib - fibras perivasculares; rp - raios

Caule - Crescimento secundário - dicotilédoneas

Corte transversal do
caule de Tilia

Súber

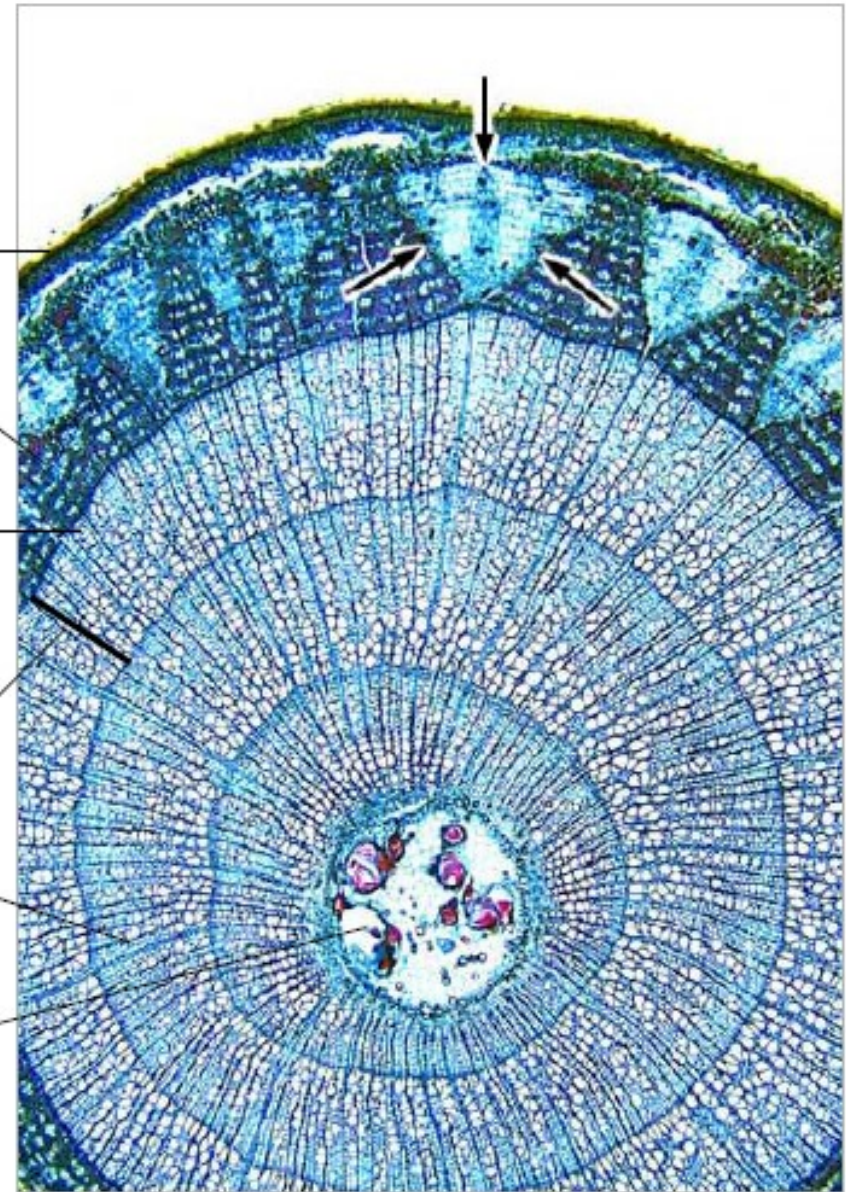
Floema secundário

Câmbio vascular

Anel de crescimento de
xilema secundário

Raios de parênquima

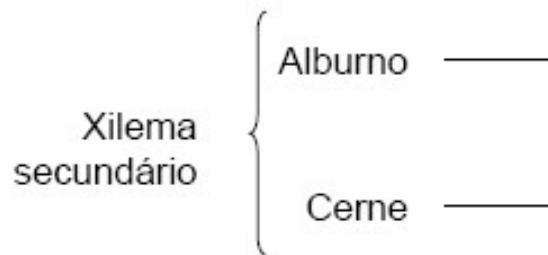
Medula



**Os tecidos vasculares
aparecem como um cilindro
oco, que divide o tecido
fundamental em medula e
cortex**

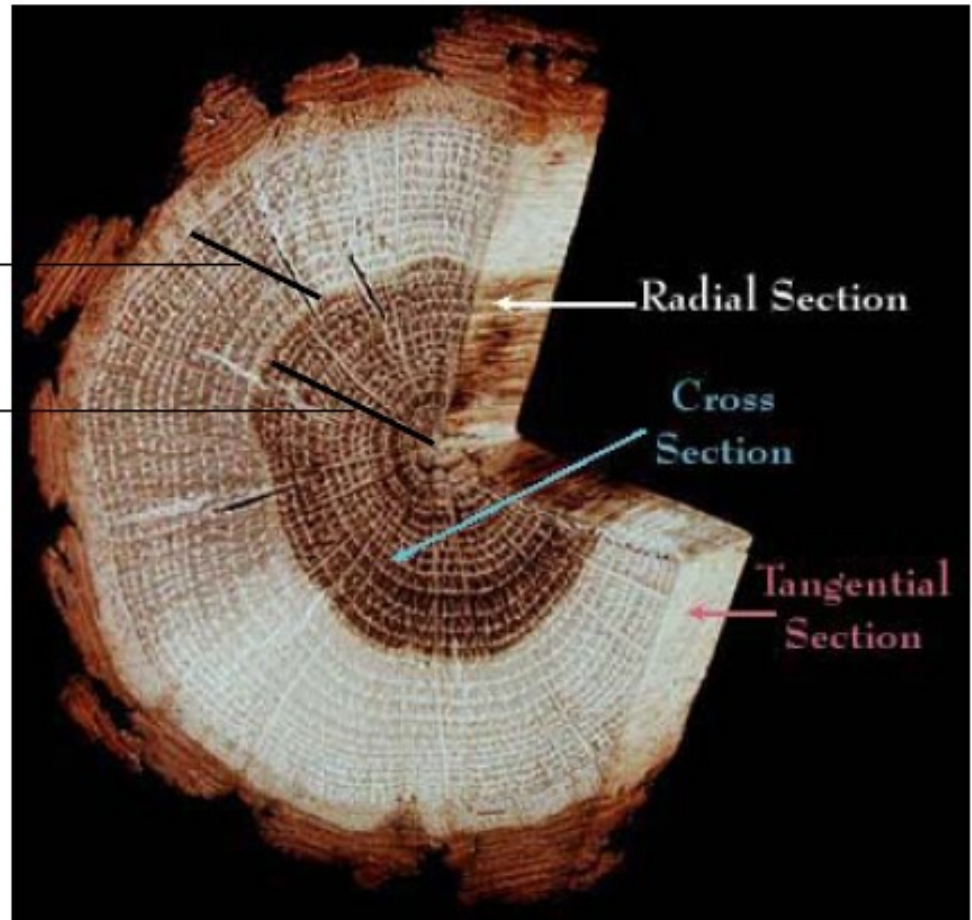


Caule - Crescimento secundário



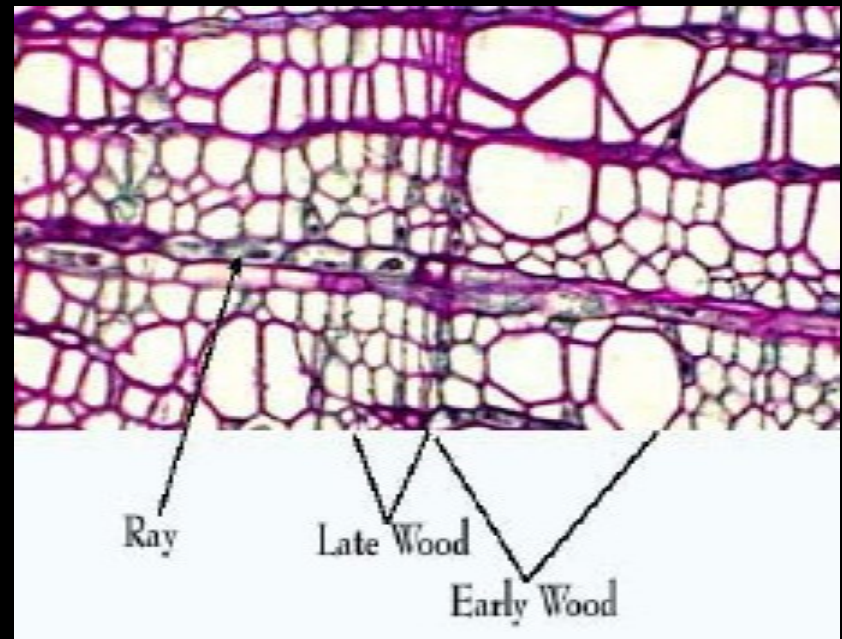
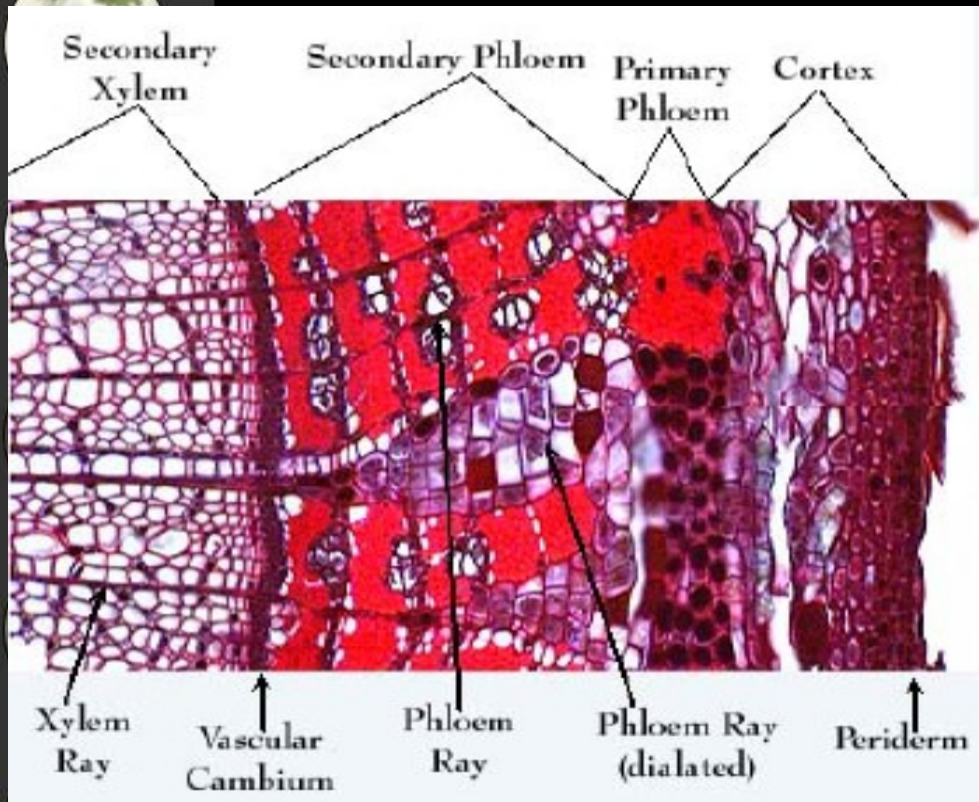
Alburno: lenho mais claro e funcional na condução

Cerne: lenho mais escuro e não condutor. Este lenho perdeu substâncias de reserva e houve infiltração com várias substâncias (óleos, resinas, gomas e taninos).



Corte de caule de *Quercus macrocarpa*

Caule - Crescimento secundário - dicotilédoneas

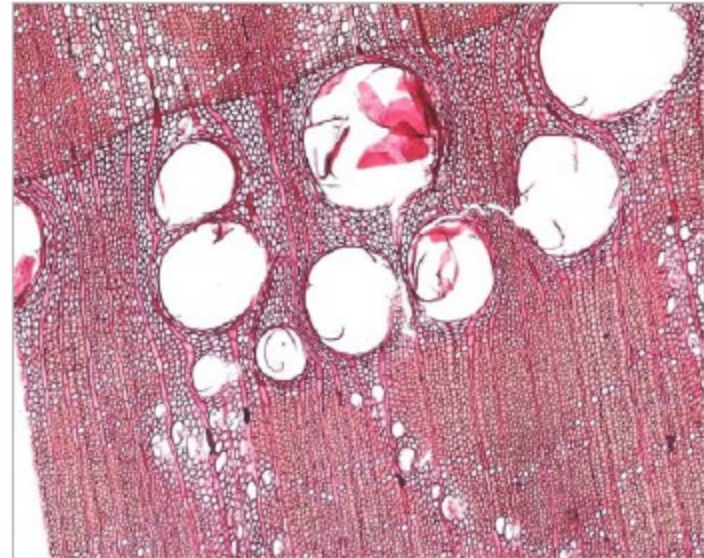
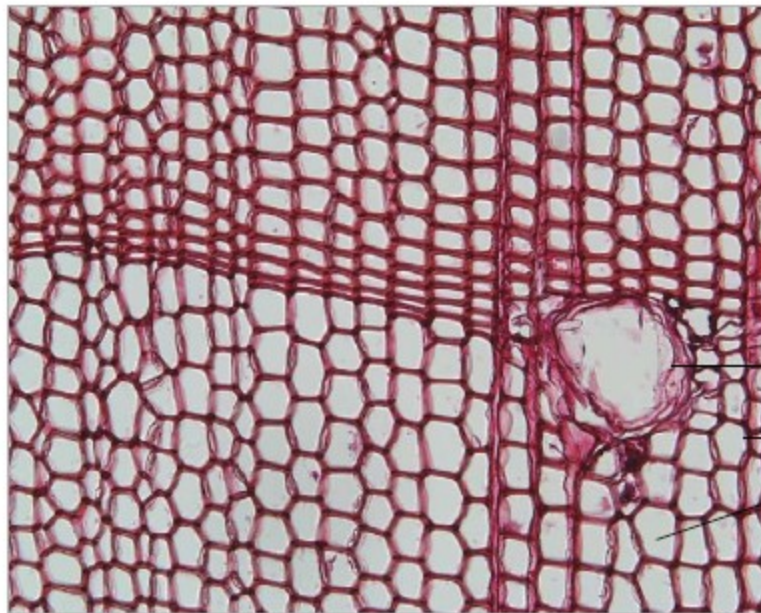


Xilema secundário (lenho) de *Tilia* sp.

Floema secundário (líber) de *Tilia* sp.

Caule - Crescimento secundário – dicotilédoneas vs. coníferas

Xilema secundário de *Quercus alba*



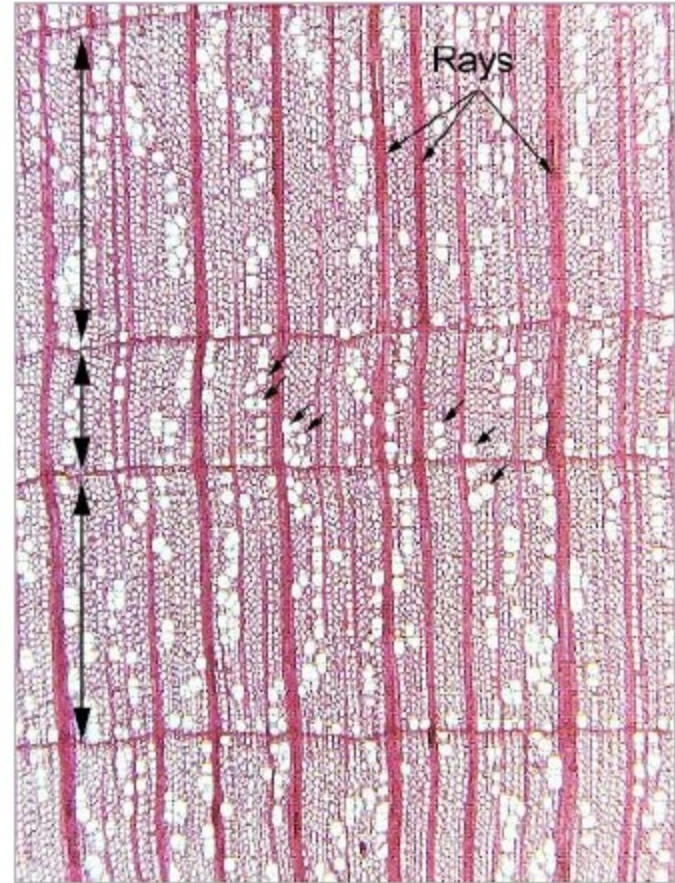
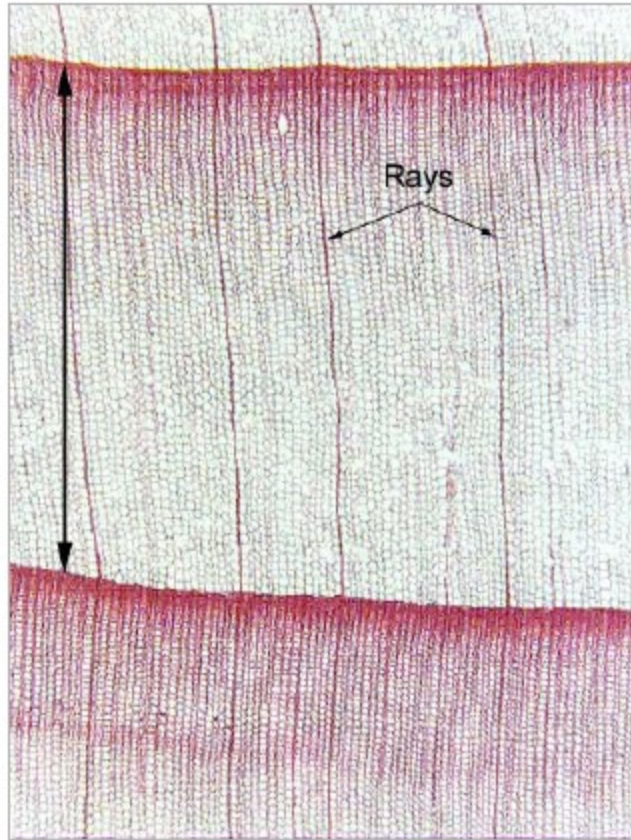
Ducto resinífero

Traqueídeos

Xilema secundário de *Pinus strobus*

Caule - Crescimento secundário – dicotilédoneas vs. coníferas

Corte transversal do caule de *Ilex opaca*



Corte transversal do caule de *Thuja*



Tecidos vegetais:

3. Folha

Características da folha:

- **simetria bilateral**
- **feixes duplos colaterais** (o lenho está sempre virado para a página superior)
- **parênquima clorofilino** (responsável pela realização de fotossíntese)
- **limbo com estrutura laminar**

Monocotiledóneas

- grande número de feixes semelhantes

Dicotiledóneas

- grande número de feixes, um central maior com estrutura secundária

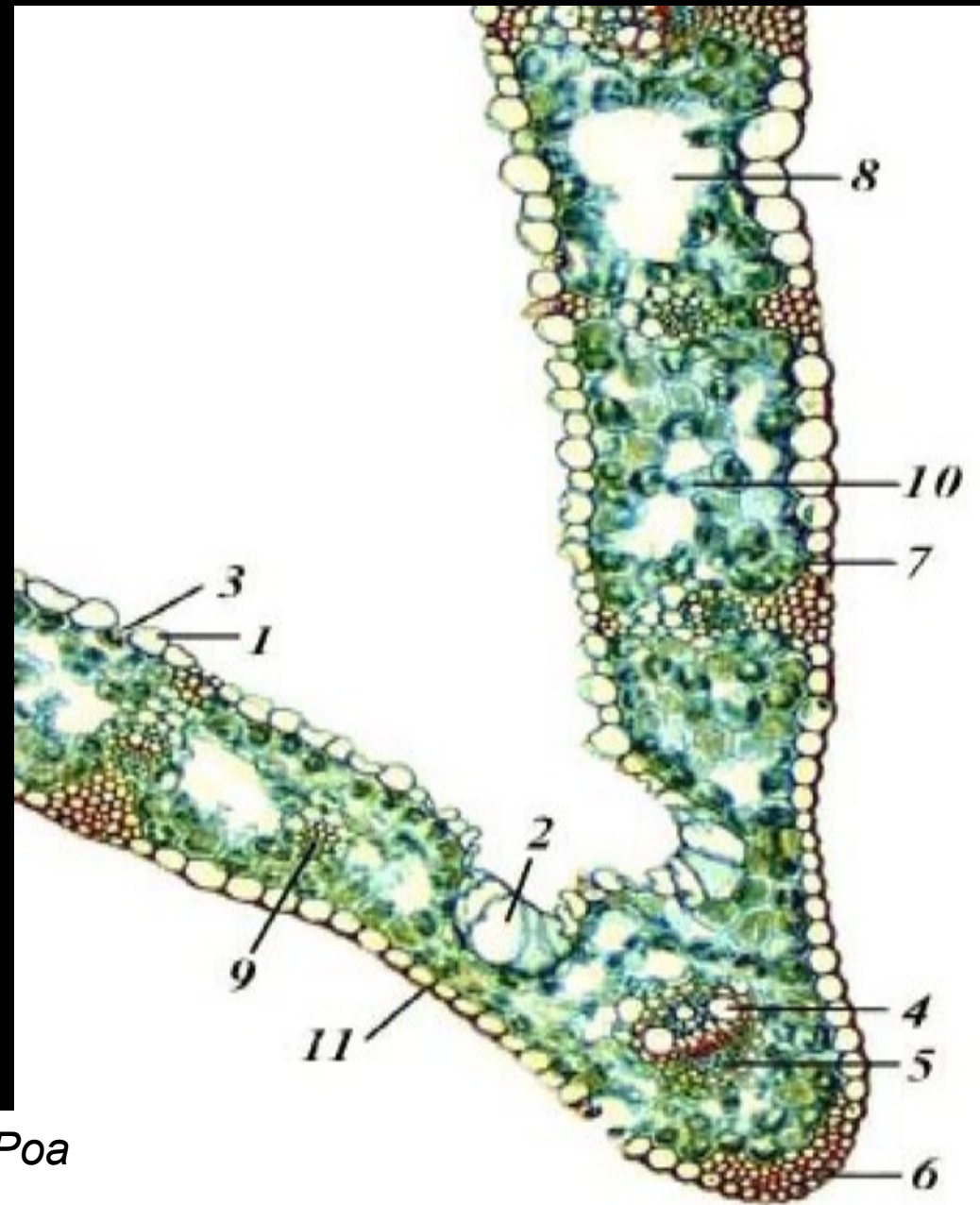
Gimnospérmicas

- pequeno número de feixes, com estrutura secundária



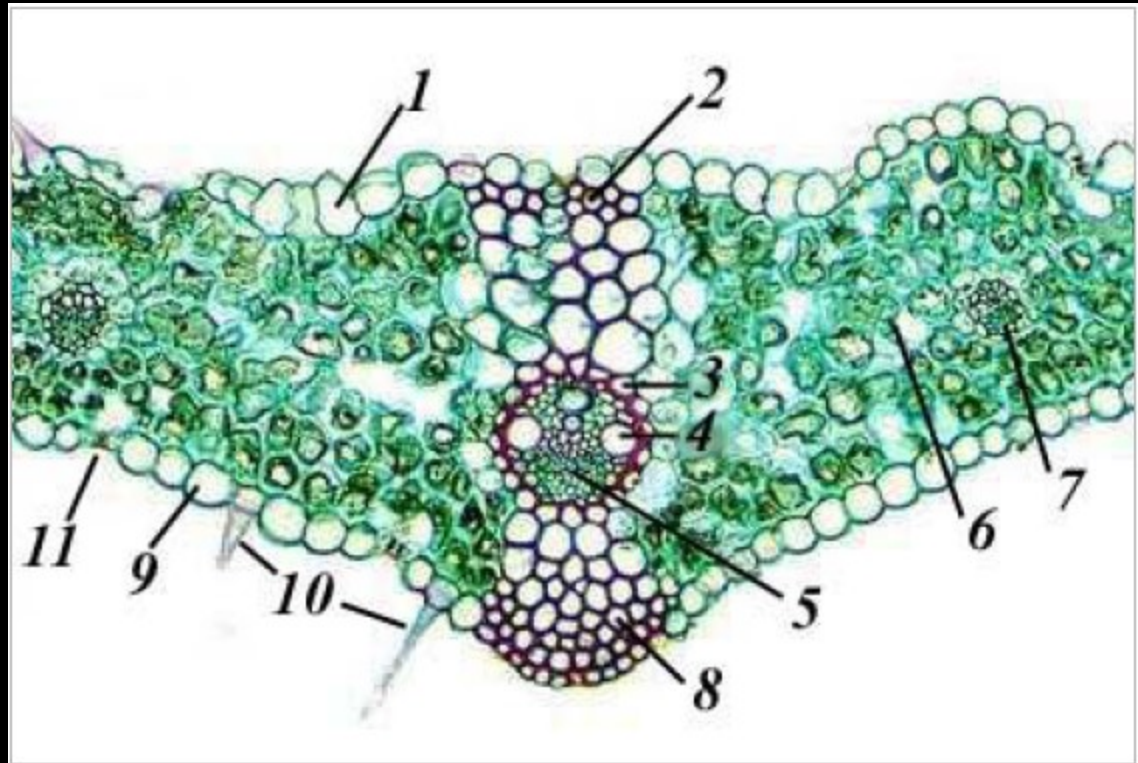
Monocotilédoneas

- 1 *epiderme adaxial*
- 2 *célula buliforme (célula motora)*
- 3 *estoma*
- 4 *elemento de vaso lenhoso do metaxilema*
- 5 *floema*
- 6 *esclerênquima*
- 7 *feixe vascular*
- 8 *espaço*
- 9 *feixe vascular*
- 10 *mesófilo homogéneo*
- 11 *epiderme abaxial*



Corte transversal da folha de *Poa pratensis*

- 1 epiderme adaxial (epiderme superior)
- 2 esclerênquima
- 3 células de esclerênquima
- 4 elemento de vaso lenhoso do metaxilema
- 5 floema
- 6 mesófilo homogêneo
- 7 feixe vascular
- 8 esclerênquima
- 9 epiderme abaxial (epiderme inferior)
- 10 tricoma
- 11 estoma



Corte transversal de folha de monocotilédonea com metabolismo de fixação do CO_2 do tipo C_3



Folha de Centeio



Dicotilédoneas

Parênquima clorofilo: parênquima em paliçada (p-pal) e parênquima lacunoso (p-lac).

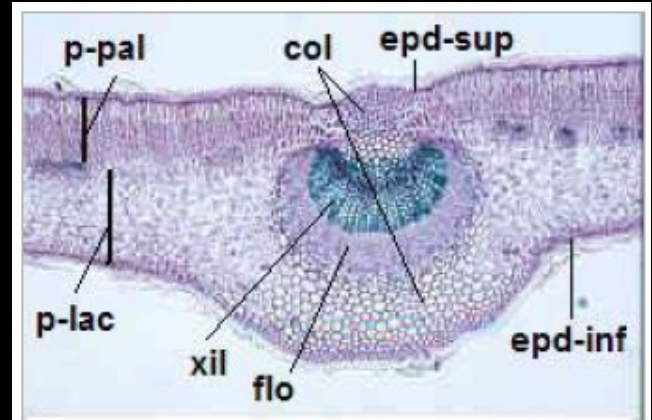
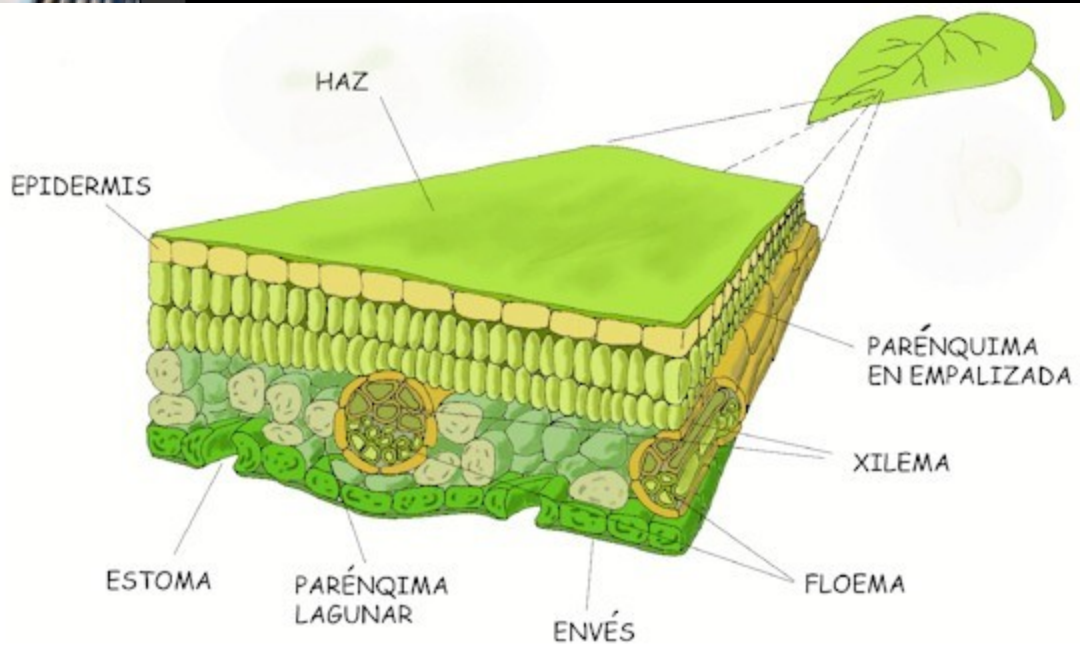
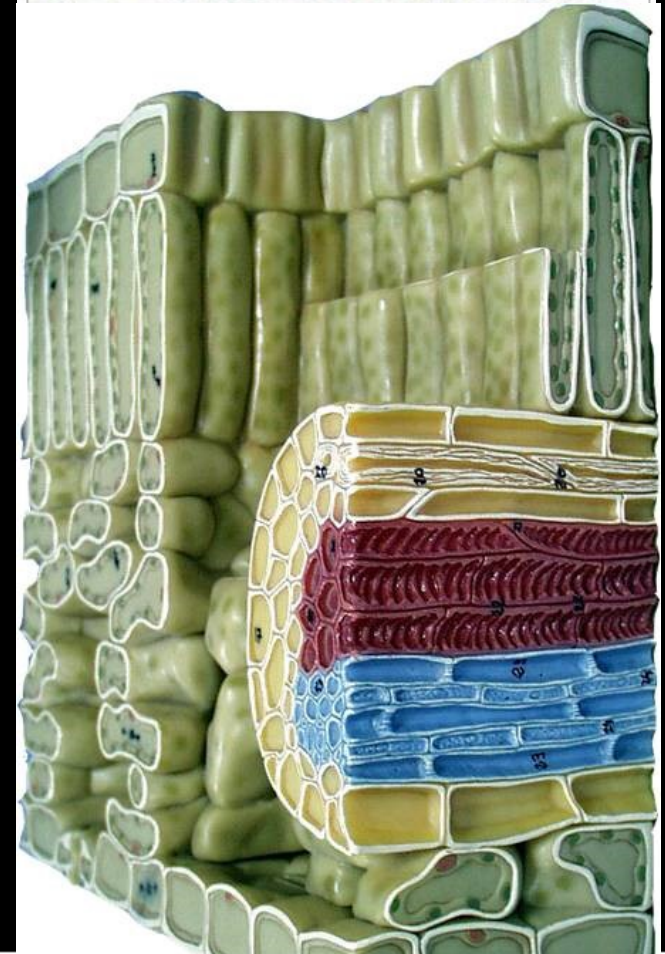


Fig. 36 - Corte transversal da folha de oliveira



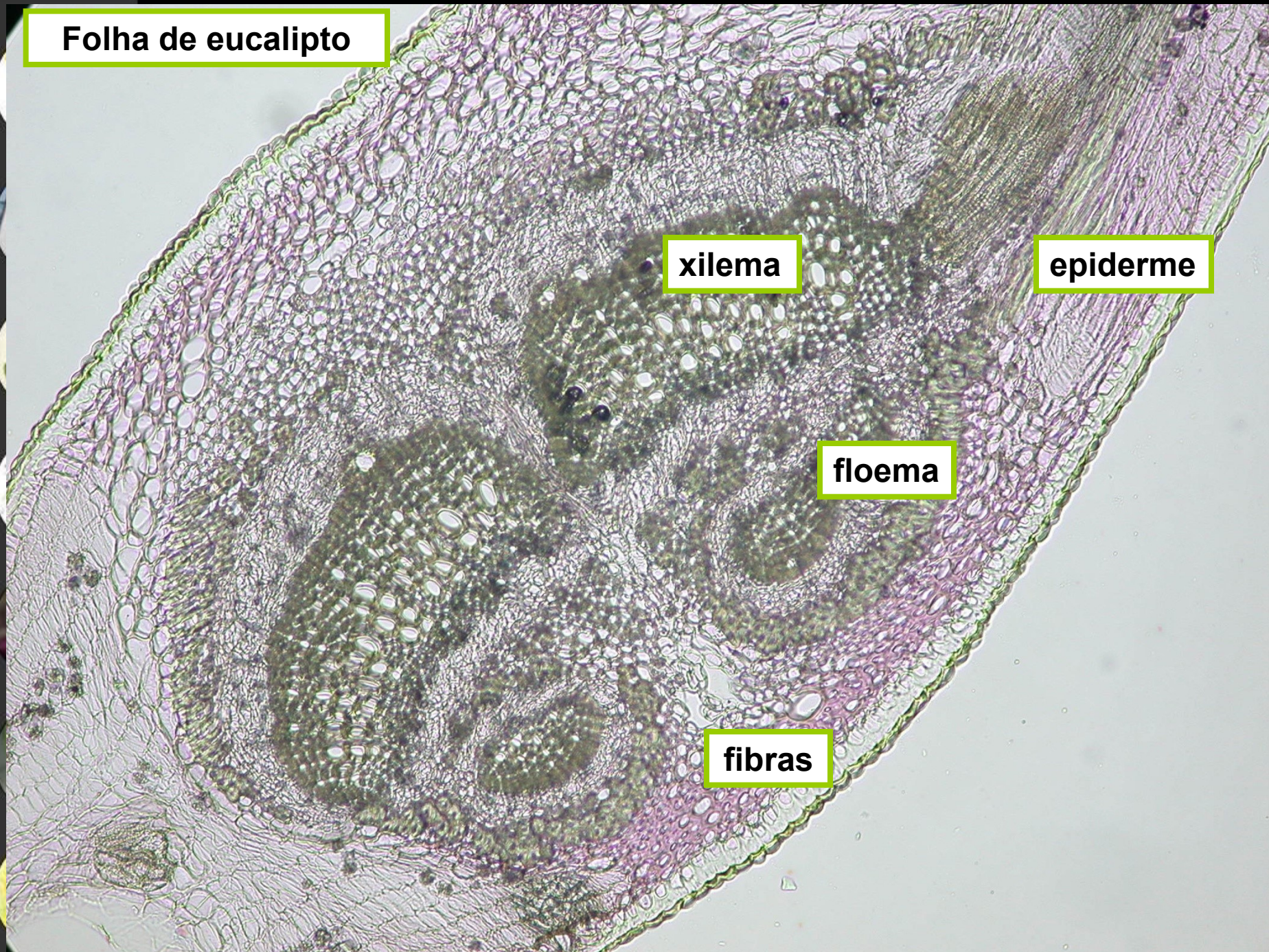
Folha de eucalipto

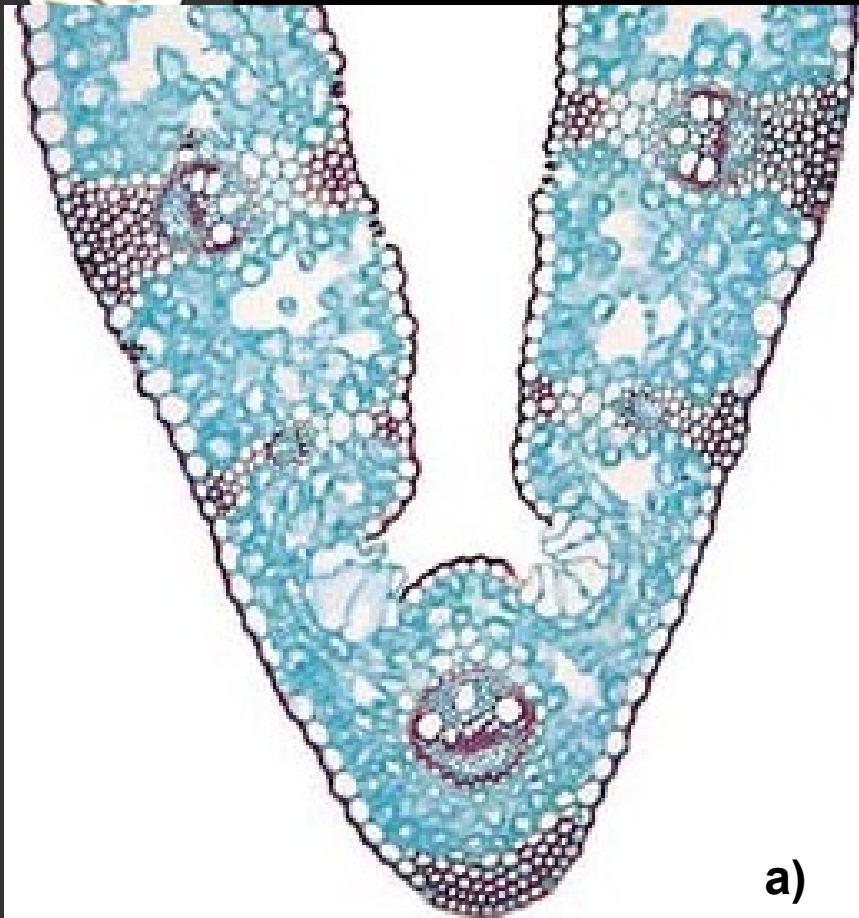
xilema

epiderme

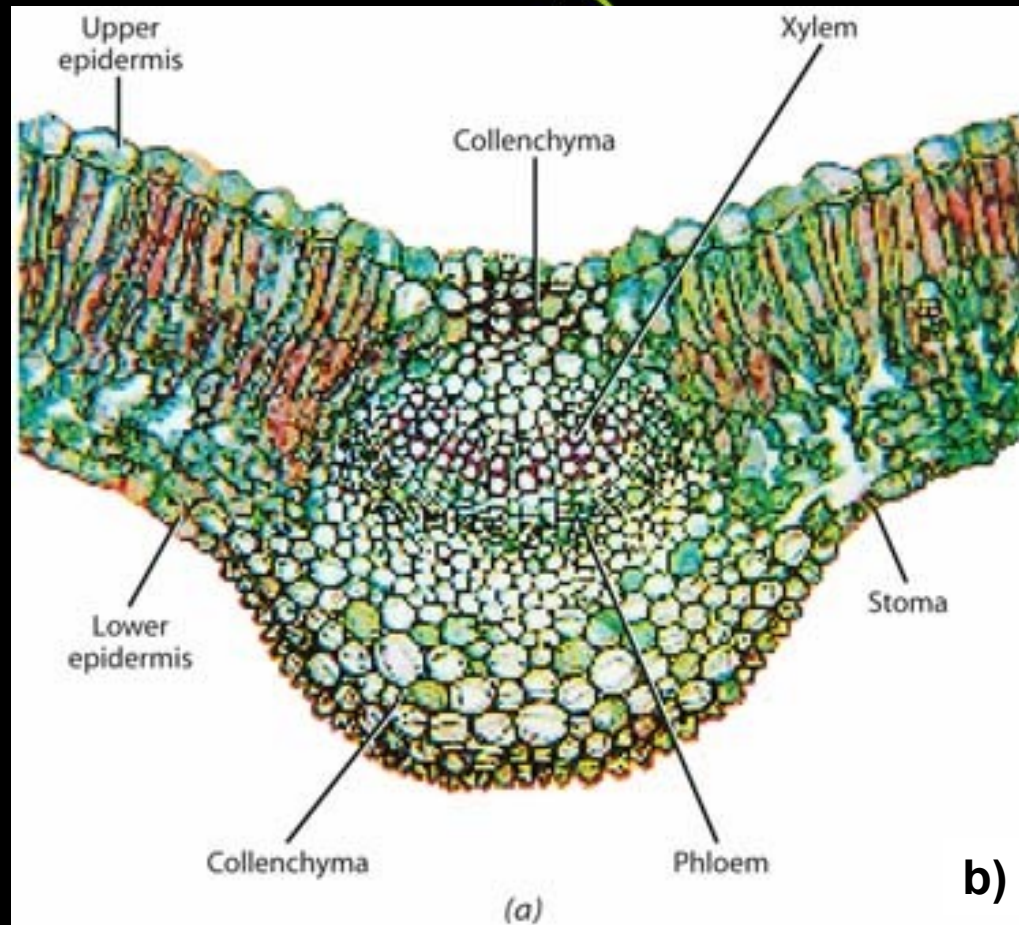
floema

fibras



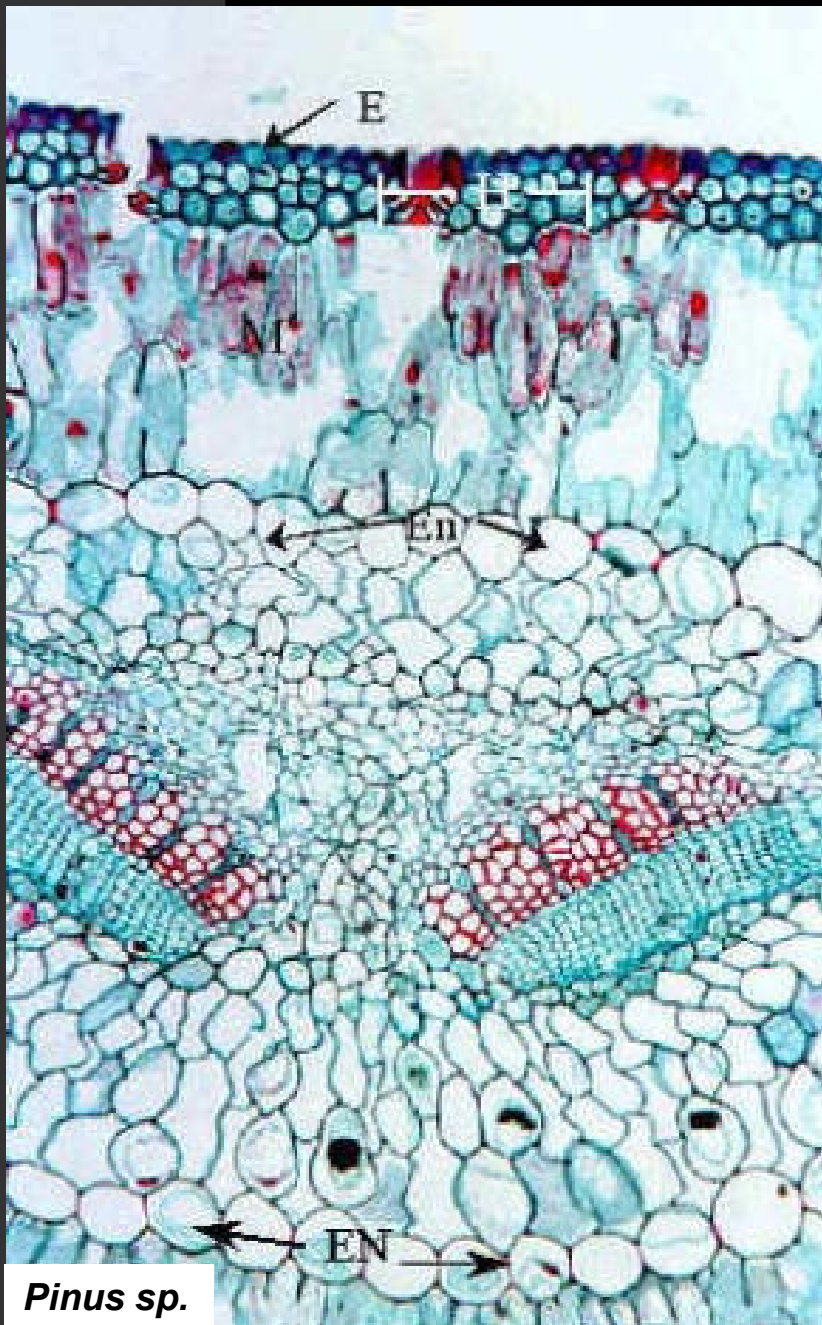


a)



b)

exemplos de folhas a) de *Liliopsida*; b) de *Magnoliopsida*



Pinus sp.

Coníferas ('agulhas')

- **epiderme** – células com parede espessa e cutícula
- **mesófilo** - células externas esclerínquimatosas formam uma hipoderme e células parenquimatosas alongadas que se projectam para o interior da folha; grande quantidade de espaços intercelulares; dois ou mais canais resiníferos.
- **tecido vascular** – dois ou mais feixes vasculares, rodeados de tecido parenquimatoso e pela endoderme (EN), que pode apresentar paredes celulares espessas. Cada tecido vascular contém um câmbio vascular, e pode observar-se algum crescimento secundário.



ESTRUTURA

SIMETRIA RADIAL

SIMETRIA BILATERAL

RAIZ
- protoxilema
voltado para
fora
- sempre
feixes simples
de lenho

PRIMÁRIA
ausência de tecidos
condutores
secundários

MONOCOTILEDÓNEAS
nº elevado de feixes condutores
DICOTILEDÓNEAS OU
GIMNOSPÉRMICAS
nº reduzido de feixes condutores

SECUNDÁRIA
presença de
tecidos condutores
secundários
(câmbio libero-
lenhoso funcional)

MONOCOTILEDÓNEAS
nunca apresentam estrutura
secundária na raiz
DICOTILEDÓNEAS
com lenho secundário
heterogêneo
GIMNOSPÉRMICAS
com lenho secundário homogêneo

CAULE
- protoxilema
voltado para
dentro
- nunca
existem feixes
simples de
lenho

PRIMÁRIA
ausência de tecidos
condutores
secundários

MONOCOTILEDÓNEAS
feixes duplos dispostos
irregularmente
DICOTILEDÓNEAS OU
GIMNOSPÉRMICAS
feixes duplos dispostos
circularmente

SECUNDÁRIA
presença de
tecidos condutores
secundários
(câmbio libero-
lenhoso funcional)

MONOCOTILEDÓNEAS
excepcionalmente com estrutura
secundária
DICOTILEDÓNEAS
com lenho secundário
heterogêneo
GIMNOSPÉRMICAS
com lenho secundário homogêneo

PECÍOLO
secção subcircular

distinção como no caule

FOLHA

LIMBO
estrutura laminar

MONOCOTILEDÓNEAS
geralmente grande número de
feixes semelhantes, sem estrutura
secundária
DICOTILEDÓNEAS
geralmente grande número de
feixes, feixe central maior, com
estrutura secundária
GIMNOSPÉRMICAS
geralmente pequeno número de
feixes, com estrutura secundária



CLASSIFICAÇÃO DE TECIDOS

QUANTO À ORIGEM

Tecidos de
formação
(MERISTEMAS)

M. primários

M. apicais

M. remanescentes

M. secundários
(câmbios)

C. suber-
felodérmico

C. líber-lenhoso

Tecidos definitivos
(MADUROS ou
ADULTOS)

T.D. primários

T.D. secundários

CLASSIFICAÇÃO DE TECIDOS

QUANTO À FUNÇÃO

Tecidos essencialmente elaboradores

Parênquimas

P. clorofilino

P.C. paliçada
P.C. encaixado
P.C. lacunoso

P. reserva

P. amiláceo
P. sacarino
P. oleaginoso
P. aerífero (aerênquima)
P. aquífero (hidrênquima)

Tecidos secretores

T.S. epidérmicos ou glandulares

T.S. internos

canais resiníferos
tubos lactíferos
bolsas secretoras

Tecidos de protecção

T.P. externa

Epiderme
Exoderme
Suber
T. absorventes
rizoderme
velame
e. pilosas

T.P. interna

Endoderme (periciclo)

Tecidos essencialmente mecânicos

Tecidos de suporte

Colênquima

C. arístal
C. laminar

Esclerênquima

Fibroso
Escleroso

Tecidos de transporte

Xilema

X. primário
X. secundário

Floema

F. primário
F. secundário





Feixe vascular

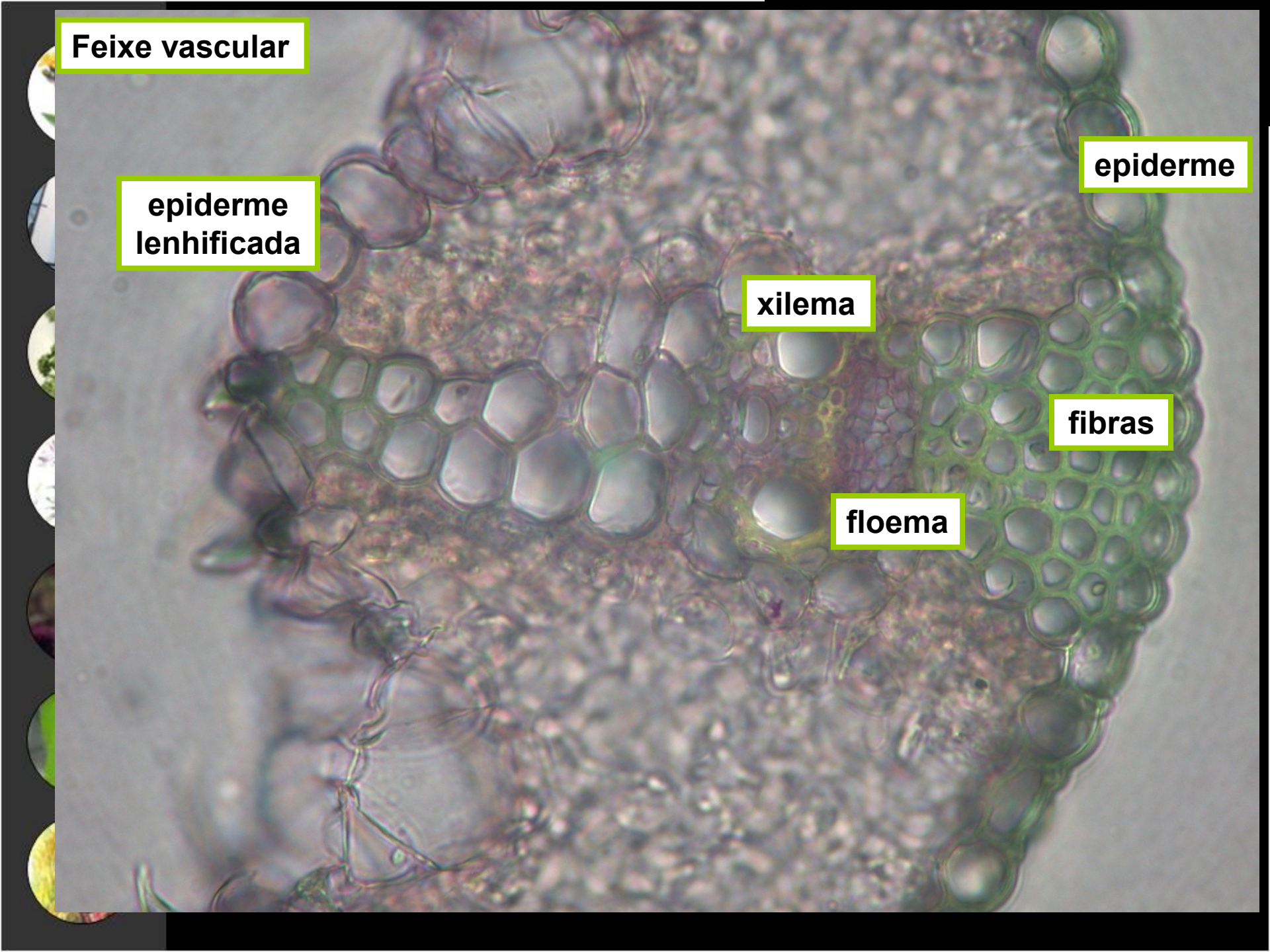
**epiderme
lenhificada**

epiderme

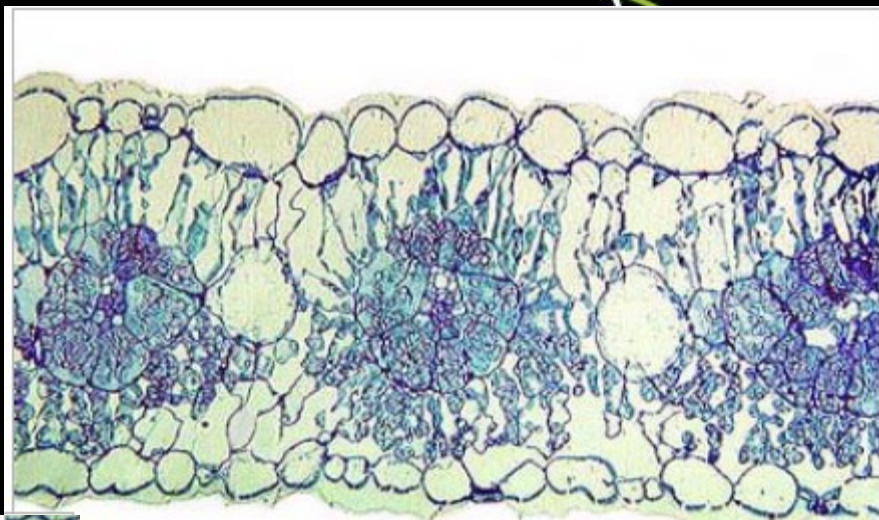
xilema

fibras

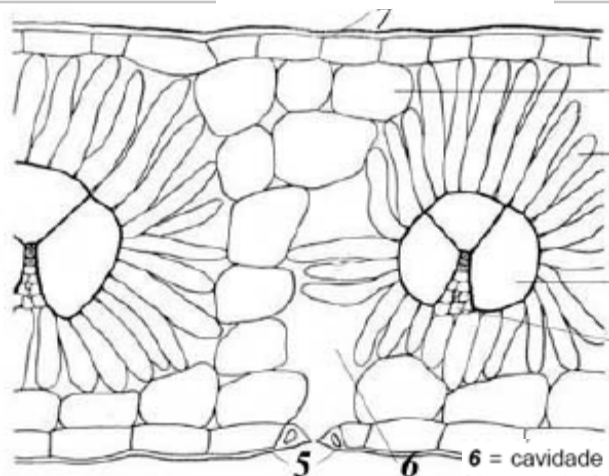
floema



Folha de planta em C4 (*Amaranthus retroflexus*) com anatomia Kranz



cutícula e epiderme adaxial.



4 = célula de parênquima

célula do mesófilo

2 célula da bainha,

1 = feixe vascular

6 = cavidade sub-estomática,

1 = feixe vascular, 2 = célula da bainha, 3 = célula do mesófilo, 4 = célula de parênquima, 5 = estoma, 6 = cavidade sub-estomática, 7 = cutícula e epiderme adaxial.

Folha de *Ficus*

cistolito

epiderme

parênquima em paliçada

parênquima lacunoso

