



Estudo do desenvolvimento e histologia da planta

Profª. Aline Medeiros Saavedra de Paula

Descrição

Análise da origem, desenvolvimento e características dos tecidos que compõem o corpo de uma planta com diferentes níveis de maturação.

Propósito

Proporcionar a compreensão sobre a constituição dos tecidos de um vegetal, a partir de sua fase embrionária ou secundária, é ferramenta de grande utilidade para os profissionais que trabalham na área de meio ambiente, reflorestamento e biodiversidade vegetal.

Objetivos

Módulo 1

Meristemas: precursores dos tecidos vegetais

Relacionar os meristemas aos tecidos que os originam.

Módulo 2

Sistema dérmico das plantas

Descrever as características dos tecidos de revestimento.

Módulo 3

Sistema fundamental das plantas

Identificar os tecidos fundamentais.

Módulo 4

Sistema vascular e estruturas secretoras das traqueófitas

Identificar os tecidos vasculares e estruturas secretoras.

Introdução

A histologia estuda as menores partículas organizadas dentro do corpo da planta, que são as células que formam os tecidos. As células de uma planta compõem, de forma complexa, diversos tipos de tecidos que, desempenhando os seus devidos papéis, geram, como resultado, plantas saudáveis. O

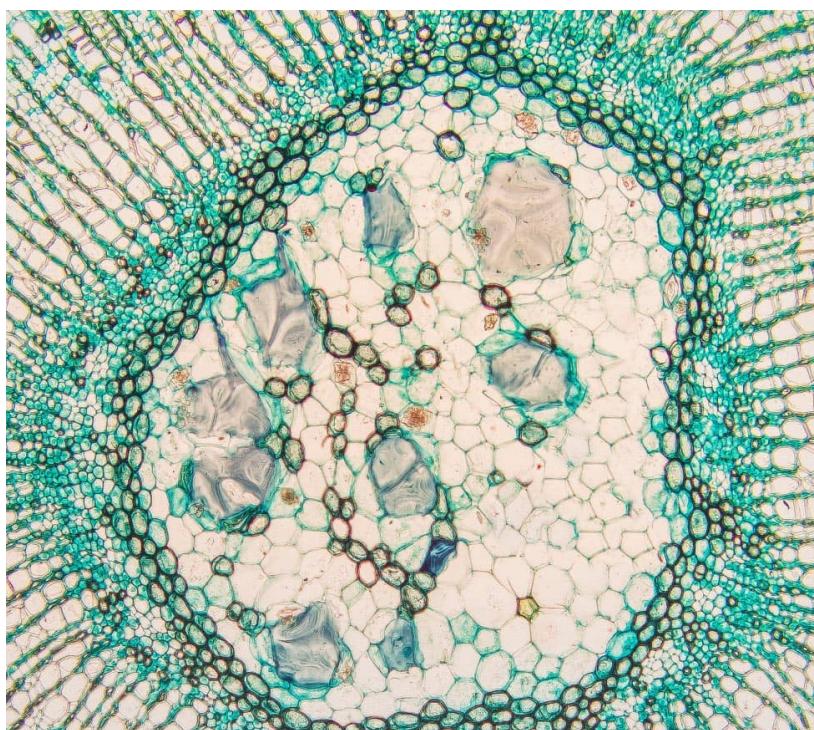
estudo a respeito do desenvolvimento saudável de uma planta é fundamental para que possamos compreender quando ela necessita de intervenção. Não conseguiu entender? Uma vez que estivermos trabalhando com seres vivos vegetais, ao saber interpretar os sinais que nos mostram o funcionamento saudável, seja da fotossíntese, transporte de seiva e absorção de nutrientes, por exemplo, saberemos quando houver comprometimento de uma função.

Além disso, práticas de horticultura, como enxerto, poda, propagação vegetativa e até mesmo fenômenos associados a essas práticas, como a formação de calos, cicatrização e regeneração de feridas são mais significativas se as características estruturais subjacentes a esses fenômenos forem devidamente compreendidas.

Com isso, vamos, juntos, imergir em uma análise a respeito das principais estruturas encontradas em uma planta. Vamos lá?

Orientação sobre unidade de medida

Em nosso material, unidades de medida e números são escritos juntos (ex.: 25km) por questões de tecnologia e didáticas. No entanto, o Inmetro estabelece que deve existir um espaço entre o número e a unidade (ex.: 25 km). Logo, os relatórios técnicos e demais materiais escritos por você devem seguir o padrão internacional de separação dos números e das unidades.



1 - Meristemas: precursores dos tecidos vegetais

Ao final deste módulo, você será capaz de relacionar os meristemas aos tecidos que os originam.

As plantas são formadas a partir de um embrião, que, normalmente, é encontrado no interior das sementes, para a grande maioria das plantas. Esse embrião é responsável por desenvolver um corpo multicelular, por meio de diversas divisões mitóticas e orientadas pela expressão de genes específicos e hormônios que agem como sinalizadores para que as células, ainda indiferenciadas ou com pouca diferenciação possam dar origem ao tecido correto para determinado posicionamento.

Essas células com pouca diferenciação compõem os tecidos meristemáticos ou meristemas. No corpo de uma planta, podemos encontrar áreas que contêm esses tecidos meristemáticos e que estarão ativas ao longo de toda vida do vegetal, para o seu desenvolvimento e crescimento contínuos.

Formação dos meristemas desde a fase embrionária

Após a fecundação da oosfera, o zigoto é formado, e nele ocorrem diversas divisões mitóticas até que seja formado o proembrião, que já possui polaridade, onde é definido o eixo apical-basal do corpo da planta.

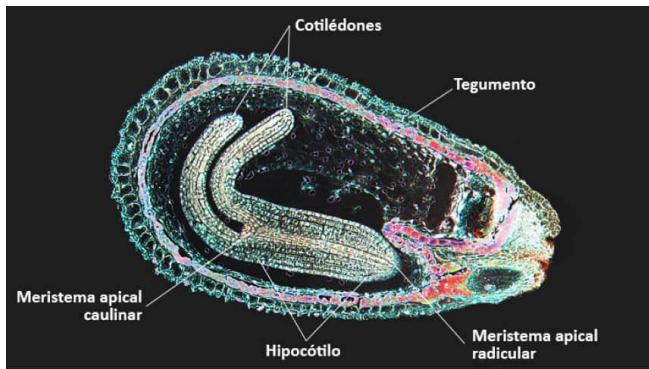
Essa orientação é carregada ao longo de toda a vida da planta, mesmo quando ela se torna adulta.

Ao chegar na fase cordiforme, uma porção apical se mantém indiferenciada, denominada meristema apical, que vai originar os meristemas primários. As células periféricas do embrião sofrem divisões mitóticas periclinais, formando uma camada celular que constitui o primeiro meristema, denominado **protoderme**.

Ainda na fase cordiforme, após a formação da protoderme, as células mais centrais do embrião começam a se organizar e dividir, formando outro meristema primário, o **procâmbio**. Entre a protoderme e o procâmbio, ocorrerá a formação do **meristema fundamental**. Esses três meristemas são identificados como primários, porque têm origem em células embrionárias.

Divisões mitóticas periclinais

Paralelamente à superfície do órgão.



Componentes de uma semente madura de Eudicotiledônea.

O desenvolvimento dessas partes meristemáticas de uma planta segue a programação genética de cada espécie e ocorre de acordo com três processos que devem ser simultâneos: a **diferenciação**, o **crescimento** e a **morfogênese**.

Diferenciação

Consiste na especialização de uma célula indiferenciada ou com pouca diferenciação, tornando-a capaz de funcionar de acordo com as características do local/tecido onde irá pertencer, desempenhando, então, funções específicas, de acordo com a expressão gênica que foi ativada.

Crescimento

Ocorre a partir de divisões (mitose) e expansão celular, que acrescentam células à composição de tecidos ou expandem as proporções de uma célula já existente, fazendo com que haja acréscimo de tamanho no corpo da planta.

Morfogênese

É o processo que confere a forma de determinado órgão ou estrutura da espécie de planta.

Pense comigo: um cacto tem forma bem diferente de uma margarida, não é mesmo?

Entretanto, ambos são plantas e tem material genético 99% semelhante, entretanto, as áreas genéticas que conferem as especificidades de morfologia dessas espécies são expressas,

provavelmente, por lócus diferentes do DNA. Logo, podemos dizer que a mortogênese dessas duas espécies é diferente.



Cactos



Margaridas

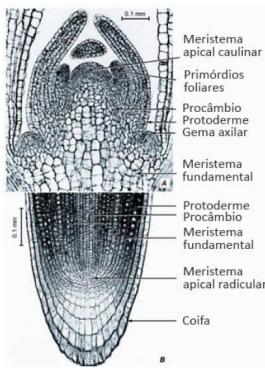
Meristemas primários e os tecidos que originam

Os meristemas vão estar presentes no corpo da planta ao longo de toda a sua vida. Eles proporcionam o crescimento longitudinal em comprimento ou extensão. Encontramos o meristema apical e os meristemas primários nas gemas apicais de caule e de raiz, e nas gemas que ficam nas axilas das folhas.

Saiba mais

O ápice caulinar é composto por: primôrdio foliar, meristema apical do caule, protoderme, meristema fundamental, procâmbio e primôrdio de gema腋ilar. O ápice radicular é composto por: coifa, meristema apical da raiz, protoderme, meristema fundamental e procâmbio.

Observe a imagem a seguir, ela ilustra exatamente os componentes dos ápices de uma planta em seus respectivos lugares.



Corte longitudinal em microscopia de (A) ápice caulinar e (B) radicular de uma planta.

Resumidamente, os meristemas primários vão originar os seguintes tecidos:

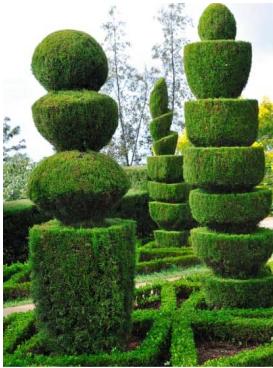
MERISTEMA PRIMÁRIO	TECIDO QUE ORIGINA	FUNÇÃO DO TECIDO
Protoderme	Epiderme	Revestimento do corpo primário
Meristema fundamental	Parênquima	Funções metabólicas, reserva e preenchimento
	Colênquima	Sustentação com flexibilidade
	Esclerênquima	Sustentação com força mecânica
Procâmbio	Xilema primário	Condução de água, sais e hormônios
	Floema primário	Condução de produtos da fotossíntese e hormônios

Aplicações dos meristemas

Os meristemas podem ter diversas aplicações.

Topiária

Podas artísticas, também chamadas de topiaria, e podas de segurança em vias públicas, que dão forma decorativa a árvores e arbustos.



Topiárias.

Propagação vegetativa

Nos caules, a brotação vegetativa ocorre a partir das gemas axilares existentes na região de inserção das folhas. Raízes e folhas são órgãos que não possuem gemas em sua estrutura, mas há espécies que produzem gemas nas raízes, por exemplo, a batata doce [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] e o ipê branco [*Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith], quando condições do ambiente são desfavoráveis e quando ocorrem distúrbios fisiológicos. As folhas de algumas espécies, especialmente as suculentas, são capazes de desenvolver gemas e regenerar toda a planta.



Brotação Foliar.



Brotação caulinar.



Brotação radicular.

Processos biotecnológicos

Na clonagem ou reconstituição de plantas.



Clonagem *in vitro*.

Meristemas secundários e os tecidos que originam

A maioria das Gimnospermas e das Angiospermas possuem outro tipo de crescimento, que leva ao espessamento de caules e raízes. Quando observamos uma grande mangueira e comparamos com a grama, devemos pensar:

Como ela produziu um tronco daquele tamanho?

O espessamento dos galhos, do tronco principal e das raízes é resultado da ação permanente de dois meristemas localizados internamente no corpo da planta, ao longo dos caules e das raízes, produzindo tecidos durante a vida da planta, são eles:

Câmbio vascular

Origina os tecidos vasculares do corpo secundário: xilema secundário, lenho ou madeira e floema secundário.

Felogênio ou Câmbio da casca

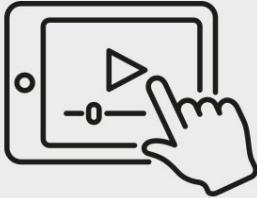
Origina o tecido de revestimento do corpo secundário: periderme.



Meristemas e as etapas do desenvolvimento da planta

Com a palavra a mestra Aline Saavedra, que irá esquematizar os tecidos meristemáticos de cada etapa do desenvolvimento da planta. Vamos lá!

Para assistir a um vídeo sobre o assunto, acesse a versão online deste conteúdo.



Origem dos meristemas secundários

Se os meristemas primários que vimos até agora vieram do embrião e são apicais e axilares, externos ao corpo da planta, de onde surgiram os meristemas secundários?

Resposta

As plantas que alcançarão grandes alturas ou serão muito ramificadas precisarão de uma boa sustentação, resistência e equilíbrio para manterem a integridade do corpo. Para isso, é necessário que caules e raízes se espessem para acompanhar a altura que a planta vai ser capaz de atingir. Cada planta iniciará o espessamento em um momento geneticamente determinado. É nesse momento que começa a haver desdiferenciação de células em plena atividade e rediferenciação em células do meristema secundário que dará início ao espessamento. O espessamento tem início a partir do surgimento do câmbio vascular e, em seguida, do felogênio. Ambos surgem a partir de tecidos internos do corpo da planta, lateralmente. Como sua origem não ocorre a partir do embrião, estes tecidos são denominados **meristemas laterais** ou **meristemas secundários**.

Falta pouco para atingir seus objetivos.

Vamos praticar alguns conceitos?

Questão 1

Quais são os tecidos meristemáticos que originam os tecidos de revestimento das plantas nos corpos primário e secundário, respectivamente?

- A Protoderme e procâmbio.
- B Protoderme e felogênio.
- C Felogênio e meristema fundamental.
- D Protoderme e câmbio vascular.
- E Protoderme e meristema fundamental.

Parabéns! A alternativa B está correta.

A protoderme é responsável por originar o tecido primário de revestimento denominado epiderme, já o felogênio, que também é conhecido como câmbio da casca, é responsável por originar a periderme em plantas com crescimento secundário.

Questão 2

Quando falamos da madeira de uma espécie lenhosa, estamos falando, especificamente, de um determinado tecido do crescimento secundário das plantas. Esse tecido é

A floema secundário.

B xilema secundário.

C súber.

D feloderme.

E epiderme.

Parabéns! A alternativa B está correta.

A madeira de uma arvore é o xilema secundário de uma planta, também denominado lenho.



2 - Sistema dérmico das plantas

Ao final deste módulo, você será capaz de descrever as características dos tecidos de revestimento.

Para as plantas não ficarem expostas à perda de água e aos ataques de patógenos, elas necessitaram desenvolver, primariamente, um tecido que protegesse seu corpo. Outra função, que veio ao longo do processo evolutivo, é a interface ativa de controle das trocas gasosas, transpiração e absorção de nutrientes do meio ambiente.

As plantas desenvolveram, então, um sistema de revestimento que proporciona toda a proteção e ainda permite as trocas com o meio.

Epiderme: Características estruturais, funções e classificação

Origina-se da protoderme e, segundo alguns estudos recentes, utilizando exemplos de Angiospermas, foi observado que mutantes que apresentam problemas no desenvolvimento da protoderme na fase embrionária, normalmente não conseguem sobreviver nem mesmo à germinação, confirmando a grande importância da epiderme para as plantas.

Como característica da estrutura desse tecido, veja a seguir:

A epiderme pode ser formada por uma camada de células (uniestratificada) ou várias camadas de células (pluriestratificada), como o velame de raízes de espécies de orquídeas e aráceas epífitas tropicais. Espécies de ambientes áridos podem apresentar camadas subepidérmicas, semelhantes ou não à epiderme, denominadas **hipoderme**.



Camada de cutícula ou cera

As células são justapostas, revestidas, muitas vezes, por uma camada de cutícula ou cera, transparentes e aclorofiladas.



Impermeabiliza a superfície da planta

A camada de cutícula ou cera da epiderme impermeabiliza a superfície da planta e evita a perda de água para o ambiente.

Hipoderme

A hipoderme é composta por uma ou mais camadas de células localizadas abaixo da epiderme e distintas de outras células vizinhas do tecido fundamental. Ela não se origina da protoderme, mas do meristema fundamental ou de células parenquimáticas, dependendo da espécie. Alguns estudos demonstram que nas raízes de algumas espécies, são encontradas semelhanças estruturais entre a hipoderme e a endoderme, um tecido interno das raízes.

No geral, a hipoderme tem função de criar uma proteção extra contra perda hídrica e microrganismos. Muitas folhas apresentam hipoderme, especialmente as de ambiente árido.



Vimos que uma das características das células da epiderme é que elas podem ser impregnadas por substâncias lipídicas, ou seja, por cutina e ceras, que lhes conferem impermeabilidade, protegendo todo o corpo primário da planta da perda de água. Como, então, ocorre a transpiração? E a troca gasosa do ambiente externo com o ambiente interno da planta?

A epiderme caracteriza-se por possuir anexos que desempenham essas funções, e, por isso, ela é um tecido complexo.

Os anexos epidérmicos são estruturas com diferentes funções, que conferem vantagens evolutivas para as plantas. São elas: **estômatos, acúleos e tricomas**.

Tecido complexo

Formado por diferentes tipos celulares que têm funções diferentes.

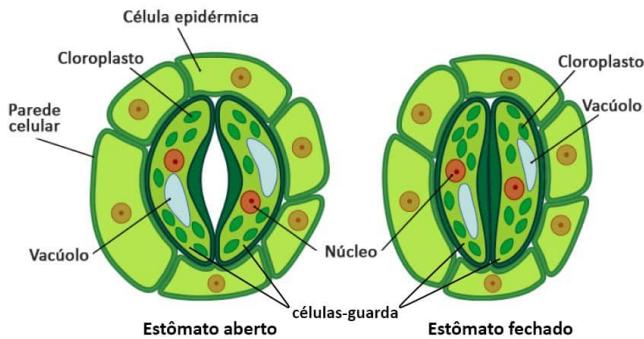
Estômatos: estrutura e classificação

Na epiderme de folhas e caules jovens de algumas espécies, existem células, chamadas **estômato**, que viabilizam a comunicação entre o ambiente interno e externo do corpo da planta. A importância dessas estruturas é enorme, uma vez que são responsáveis pelas trocas gasosas necessárias para a realização da fotossíntese e pela transpiração. Talvez você esteja pensando que não transpirar, possivelmente, seria uma vantagem, uma vez que a planta não perderia a água que captou nas raízes. Entretanto, o processo de transpiração é necessário para que a água chegue das raízes até as folhas, e, muitas vezes, ajuda a regular a temperatura corporal das plantas.

Mas como são os estômatos?

Resposta

Os estômatos são formados por **duas células-guarda** que formam e regulam um poro, chamado de **ostíolo**. As células-guarda são rodeadas por **células subsidiárias**, também chamadas de **células anexas**, que podem ser iguais ou diferentes das demais células epidérmicas. Abaixo deste complexo, encontra-se um espaço denominado **câmara subestomática**.



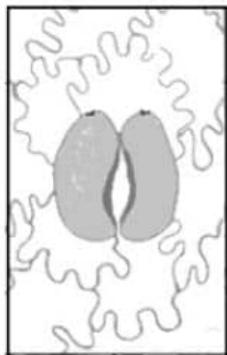
Esquemas de estômatos aberto e fechado em vista frontal.

Note que, à diferença das células epidérmicas, as células-guarda contêm cloroplastos em seu interior.

Os tipos de estômatos mais comumente encontrados em epidermes vegetais são:

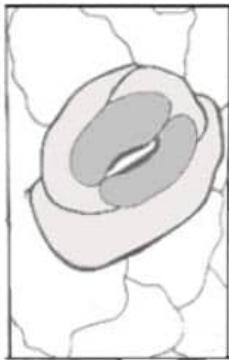
Anomocítico

As células-guarda são circundadas por células epidérmicas ordinárias, sem haver a distinção de células subsidiárias.



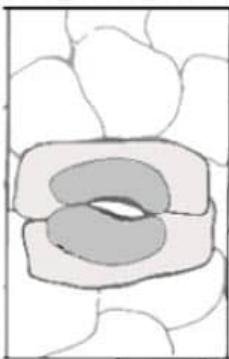
Anisocítico

As células-guarda são envoltas por três células subsidiárias, sendo elas menores do que as células epidérmicas ordinárias.



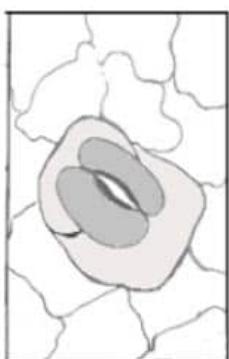
Paracítico

Cada célula-guarda está em contato com uma célula subsidiária paralelamente a ela.



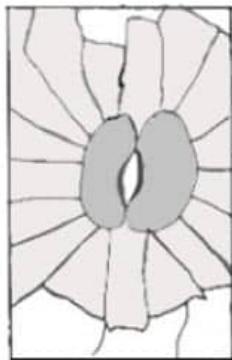
Diacítico

As células-guarda estão em contato com duas células subsidiárias formando um ângulo de 90º com o seu maior eixo.



Actinocítico

As células subsidiárias estão dispostas radialmente às células-guarda.



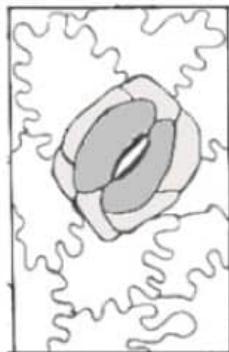
Tetracítico

As células-guarda estão em contato, paralelamente, com uma célula subsidiária e duas células subsidiárias menores se dispõem em cada polo das células-guarda.



Ciclocítico

As células-guarda são margeadas por um ou dois anéis de 4 ou mais células subsidiárias.



Atenção

Ao microscópio, somente as lâminas em vista frontal montadas com cortes paradérmicos ou epidermes dissociadas de folhas ou caules jovens poderão proporcionar a visualização dos tipos de estômato.

Os movimentos de abertura e fechamento dos estômatos são controlados, basicamente, por dois estímulos: a luminosidade e a disponibilidade de água do ambiente.

Fisiologia do movimento do estômato

Os estômatos têm papel fundamental no movimento da água dentro do corpo da planta, por isso, precisamos conhecer em detalhe a importância e o mecanismo que leva à sua abertura e fechamento.

Veja o que precisamos saber para compreender os movimentos:

Fatores abióticos

A luz, a água e a concentração de CO₂ no interior da folha são os principais fatores que influenciam na abertura e fechamento dos estômatos.

Componentes químicos

Os componentes químicos envolvidos na abertura e fechamento são:

- K⁺
- Cl⁻

- Ácido málico
- Amido
- Hormônio vegetal ácido abscísico -ABA

Estrutura das células-guarda

- Espessamento maior da parede celular na região do ostíolo
- Orientação radial das fibrilas de celulose
- Canais de íons

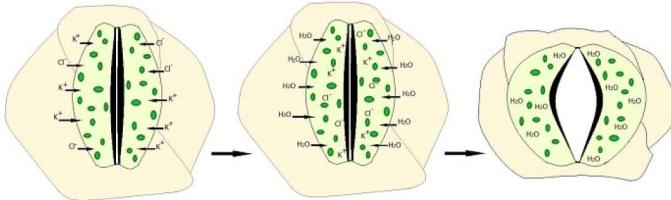
Vamos considerar que o ambiente apresente condições normais, com boa disponibilidade hídrica, boa luminosidade e temperatura. Nessas condições, os estômatos devem se abrir aos primeiros raios de sol, permitindo a entrada do CO₂ e facilitando o movimento da água das raízes até as folhas, ao mesmo tempo em que libera o O₂. Quando começa o anoitecer, os estômatos se fecham, impedindo a passagem da água, a entrada de CO₂ e a saída de O₂. Esse processo refere-se a plantas cuja luminosidade é o fator determinante no movimento dos estômatos.

Qual o mecanismo que leva à abertura dos estômatos?

A abertura, induzida pela presença de luz, retomada da fotossíntese e sob boa hidratação do solo, segue as etapas seguintes:

1. Fotorreceptores presentes nas células-guarda captam a presença de luz.
2. Transferência de íons K⁺ e Cl⁻ das células subsidiárias ou epidérmicas para as células-guarda, elevando a concentração destes íons nas células-guarda.
3. Alta concentração de íons K⁺ leva à degradação do amido produzido durante a fotossíntese, e biossíntese de malato, levando à redução do potencial hídrico das células-guarda.
4. A diferença de potencial hídrico entre células-guarda e células subsidiárias leva à saída de água das células subsidiárias ou epidérmicas para as células-guarda.
5. A entrada de água nas células-guarda gera pressão sobre as paredes celulares, aumentando o turgor.

6. Como a região do ostíolo é mais resistente do que a região do fundo das células-guarda, ocorre a abertura do estômato.



Mecanismo de abertura dos estômatos por entrada de íons nas células-guarda.

E o mecanismo de fechamento dos estômatos, como acontece?

O fechamento pode ser induzido pela falta de luminosidade e pelo estresse hídrico, com os seguintes eventos ordenados:

1. Fotorreceptores presentes nas células-guarda captam a queda na luminosidade.
2. Ocorre o deslocamento do hormônio ácido abscísico (ABA) das células do mesofilo para as células-guarda.
3. Em presença de ABA, os íons são transferidos das células-guarda para as células subsidiárias e epidérmicas.
4. Com a diminuição na concentração de íons nas células-guarda, a água sai das células-guarda para as células subsidiárias e epidérmicas.
5. A perda de água pelas células-guarda resulta em redução na pressão de turgor das células-guarda, fazendo com que os estômatos se fechem.

(ABA)

O ácido abscísico é um hormônio vegetal sintetizado a partir de um carotenoide, presente em praticamente todas as células da planta e transportado pelo xilema e pelo floema.

Acúleos

Os acúleos são anexos esclerificados avasculares da epiderme presentes em algumas espécies de plantas. Eles ocorrem somente nos caules e conferem um artifício de defesa contra predadores das plantas, uma

vez que possuem morfologia pontiaguda. Muitas pessoas chamam essas estruturas erroneamente de espinhos! Mas você nunca mais cometerá esse erro, porque, a partir de agora, saberá a diferença entre um espinho e um acúleo, quer ver?

Espinhos podem ser folhas modificadas ou prolongamentos caulinares, e possuem vasos condutores de seiva em seus tecidos. Caso você tente arrancar um espinho de uma planta, provavelmente, irá dilacerar o caule e uma porção de tecido esgarçará. Veja, a seguir, exemplos de cada um:



Espinhos

São exemplos de espinhos, as folhas modificadas da família Cactaceae ou mesmo os espinhos caulinares de Tucum (*Astrocaryum vulgare*).

✗



Acúleo

Já um exemplo de acúleo comum aqui do Brasil é a árvore conhecida, popularmente, como Paineira (*Ceiba speciosa*) ou as famosas rosas.

Tricomas: estrutura e diversidade morfológica

São anexos da epiderme com diversas funções, que podem ser encontrados em todo o corpo da planta e por períodos variados. Os tricomas apresentam estrutura bem diversificada, sendo divididos em: unicelulares ou multicelulares; ramificados ou não ramificados; e glandulares ou não glandulares, com base em diferentes características e funções. Vamos analisar essas diferenças.

Os tricomas também são importantes na resposta ao estresse abiótico. A presença de tricomas aumenta a espessura da epiderme, se comparada com tecidos dérmicos sem essas estruturas. Além disso, aumenta o conteúdo de ácidos graxos, que se torna significativamente maior do que em outras células epidérmicas. Essas características são úteis para reduzir a evaporação e regular a temperatura corporal do interior das plantas.



Bromélias rupícolas, ou seja, que vivem sobre rochas.

As espécies de bromélias possuem tricomas em suas folhas, que têm a função de absorver água e sais minerais do ambiente em que vivem. Trata-se de uma característica que desempenha uma vantagem evolutiva para esta família de plantas.

Na epiderme das raízes, podemos notar a presença de pelos radiculares, que têm origem diferente dos tricomas, embora muitos autores classifiquem os pelos radiculares dentro da classificação de tricomas. Essas estruturas aumentam a superfície de contato do substrato com o órgão para absorção de água, sais minerais e a fixação da planta no solo.

Outras funções que os tricomas podem desempenhar estão relacionadas à proteção das plantas. Tricomas extremamente ramificados, inclusive, oferecem proteção mecânica contra as ações do vento e da areia em plantas que habitam áreas de praia ou deserto.

Já que falamos de áreas salinas, como a praia, temos o exemplo das plantas halófitas, que possuem tricomas glandulares que secretam o excesso de sal, absorvido juntamente com a água, para evitar o

acúmulo desses íons, que, em excesso, são extremamente tóxicos para o corpo da planta. Outra função dos tricomas glandulares pode ser a secreção de metabólitos secundários que tenham função de atrair polinizadores ou mesmo substâncias tóxicas ou impalatáveis para animais herbívoros.

Curiosidade

Os tricomas são estruturas extremamente interessantes, pois armazenam diversas substâncias. Esse é o caso de substâncias como os canabinoides produzidos pelo gênero *Cannabis*.

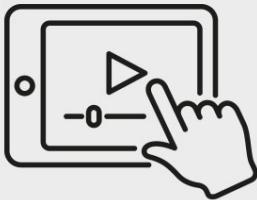
Em plantas carnívoras, por exemplo, os tricomas têm como função a sinalização do toque de possíveis presas em suas folhas modificadas, o que culmina na movimentação e fechamento das folhas desses organismos.



Diferentes classificações dos tricomas

A mestra Aline Saavedra vai mostrar a seguir os diferentes tipos de tricomas, suas formas e estruturas diversas e associá-las com as suas funções. Vamos lá!

Para assistir a um vídeo sobre o assunto, acesse a versão online deste conteúdo.



Periderme: características estruturais e funções

É o tecido de revestimento do corpo secundário da planta. Origina-se do felogênio ou câmbio da casca e tem as seguintes funções: **revestimento do corpo secundário, proteção e cicatrização de caules, raízes e frutos.**

Atenção

A periderme também é um tecido complexo, constituído por diferentes tipos de células.

Estrutura da periderme

Substitui a epiderme no corpo secundário da planta. É constituída por três tecidos sobrepostos:

Súber ou felema

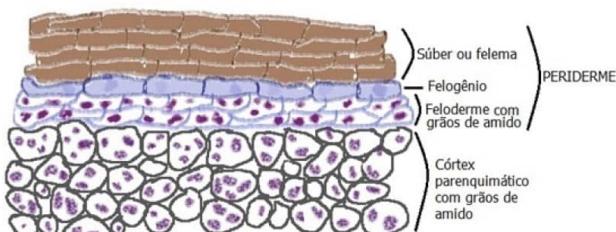
É a região externa da periderme, formada por células mortas na maturidade com parede suberizada. Pode ser constituída de diversas camadas de células compactamente organizadas, sem espaços intercelulares; está envolvida na proteção do órgão que reveste.

Felogênio ou câmbio da casca

É o meristema secundário, apresentando uma camada de células, logo abaixo do súber. Produz as células de súber em direção ao exterior e feloderme em direção ao interior do órgão.

Feloderme

É a porção mais interna da periderme, constituída de células com características parenquimáticas; pode apresentar de uma a quatro camadas de células.

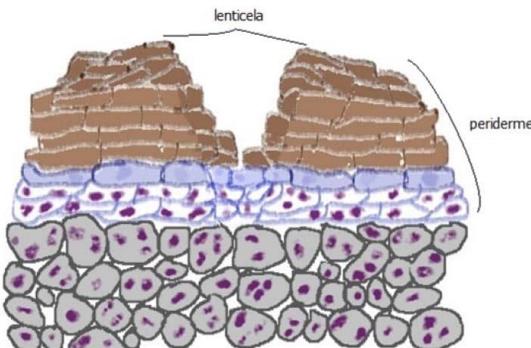


Estrutura da periderme.



Lenticelas (setas brancas) em caule de leguminosa.

A estrutura compacta do súber prejudica a oxigenação dos tecidos internos do órgão, podendo levar as células do córtex à morte. Por isso, em diversos pontos da periderme, células do felema, do felogênio e camadas mais internas do súber são organizadas frouxamente, formando espaços entre as células e uma abertura nas camadas mais externas do súber. Esta estrutura é chamada lenticela e possibilita a aeração dos tecidos mais internos. Podemos observar as lenticelas à vista desarmada, como pontos esbranquiçados, por exemplo, no caule de abajeru (*Chrysobalanus icaco*), ou marrons, como na casca da batata inglesa (*Solanum tuberosum*) e da maçã (*Malus domestica*). Em microscopia, é possível visualizar os detalhes da sua estrutura em cortes transversais de caules secundários.



Detalhe de lenticela.

Várias espécies apresentam uma sucessão de peridermes formadas pelo surgimento de felogênio em camadas mais profundas. Esta formação denomina-se ritidoma. Conforme vão se formando novas peridermes internamente, as camadas mais externas do ritidoma soltam-se espontaneamente, como nos caules de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), goiabeira (*Psidium guajava*), resedá (*Lagerstroemia indica*), pau-ferro (*Libidibia ferrea*) e cipreste (*Cupressus sp.*).



Ritidoma marrom em caule de resedá.



Ritidoma laranja em cipreste.

Atenção

Periderme e casca não são a mesma coisa. A casca é uma estrutura de proteção de muitos caules, raízes e frutos, formada por diferentes tecidos e tem na sua porção mais externa a periderme.

Falta pouco para atingir seus objetivos.

Vamos praticar alguns conceitos?

Questão 1

O estômato é uma _____ encontrada em tecidos _____, principalmente em folhas. É constituído por duas células denominadas _____ e um ostíolo. Estas absorvem água quando há grande concentração de íons _____ em seu interior, o que leva o estômato a se abrir. Se o suprimento de água na folha é baixo, ocorre saída de íons potássio das células-guarda para as células vizinhas e, nesse caso, as células-guarda tornam-se _____, provocando o _____ do estômato.

- A estrutura; dérmicos; células-guarda; potássio; flácidas; fechamento
- B célula; parenquimáticos; células-guarda; potássio; flácidas; fechamento
- C estrutura; parenquimático; células-guarda; potássio; flácidas; abertura
- D célula; dérmicos; células-irmãs; potássio; flácidas; fechamento

E

estrutura; dérmicos; células-guarda; sódio; flácidas; fechamento

Parabéns! A alternativa A está correta.

Os estômatos são estruturas formadas por mais de uma célula, mais especificamente as duas células-guarda e um poro denominado ostíolo. Quando em ambientes com pouca disponibilidade de água, as células perdem água, e perdem sua turgidez, ficando murchas e fechando o ostíolo estomatal. O mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos é principalmente dado pela criação de uma diferença osmótica com íons de potássio.

Questão 2

São características dos tecidos dérmicos de revestimento:

Ter grandes células impregnadas de substâncias lipídicas, principalmente a suberina.

Não possuem estruturas celulares acessórias e têm como função a concessão de

A

proteção mecânica, redução de perda de água e a capacidade de regulação do espaço de comunicação entre o ambiente interno do corpo de uma planta e o ambiente externo ao seu corpo, e a realização de fotossíntese.

Ter células globulares com parede celular altamente permeável, células-guarda com

função de exercer sustentação da planta e reduzir a perda de água, não tendo

B

capacidade de regulação do espaço de comunicação entre o ambiente interno do corpo de uma planta e o ambiente externo ao seu corpo.

Ter células estratificadas e sobrepostas, impregnadas de substâncias lipídicas, células-guarda e tricomas e a função de proteção mecânica, redução de perda de água e

C

capacidade de regulação do espaço de comunicação entre o ambiente interno do corpo de uma planta e o ambiente externo ao seu corpo, sendo regulados por sinalização hormonal ou disponibilização de água do substrato.

D Ter células estratificadas e sobrepostas impregnadas de substâncias lipídicas, como cera e cutina, células-guarda e tricomas, e realizar fotossíntese e respiração celular, armazenamento de substâncias de reserva e sustentação do corpo da planta.

E Ter células estratificadas impregnadas de substâncias lipídicas, células-guarda e tricomas, além da função de proteção mecânica, redução de perda de água, não tendo a capacidade de regulação do espaço de comunicação entre o ambiente interno do corpo de uma planta e o ambiente externo ao seu corpo, sendo a regulação dessa abertura controlada apenas por sinalização hormonal.

Parabéns! A alternativa C está correta.

As células de revestimento do tecido dérmico são estratificadas e sobrepostas. A impregnação por substâncias lipídicas, como cera e cutina, por exemplo, impermeabilizam o tecido; o súber, por exemplo, é impregnado por suberina, que confere a mesma característica para a periderme, entretanto, essas células não possuem cloroplastos e, portanto, não podem realizar fotossíntese. Os tecidos de revestimento têm como principal função a proteção mecânica e a redução da perda de água, e ainda podem contar com estruturas que possibilitem a comunicação entre o ambiente interno do corpo de uma planta e o ambiente externo ao seu corpo.



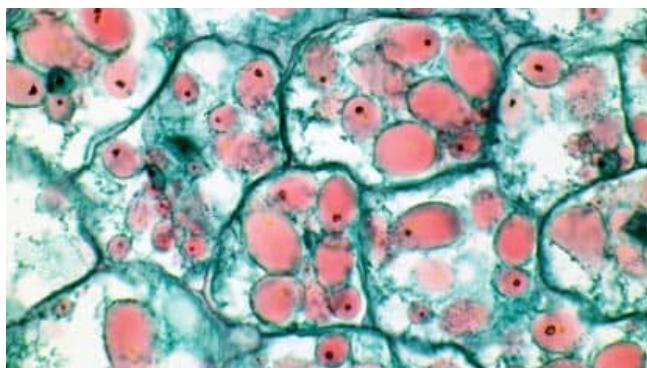
3 - Sistema fundamental das plantas

Ao final deste módulo, você será capaz de identificar os tecidos fundamentais.

Os tecidos fundamentais têm origem no meristema fundamental e, juntos, são responsáveis por diversas funções no corpo da planta, como: fotossíntese, sustentação e até mesmo armazenamento de substâncias. São eles: parênquima, colênquima e esclerênquima.

Parênquima

Sem dúvida, dos três tecidos fundamentais, o parênquima é o mais representativo e presente em todas as plantas. Ele está diretamente envolvido com a realização de fotossíntese, o armazenamento de substâncias de reserva e a secreção das plantas.



Células de parênquima de reserva de amido.

Saiba que quando você come um fruto, adocicado, nutritivo e bem saboroso, como a maçã, o tecido que você está ingerindo é o parênquima. As células que compõem este tecido, de forma geral, são vivas com morfologia e fisiologia muito variada, normalmente com paredes finas e formato poliédrico.

Curiosidade

Os sistemas mais aceitos na botânica de classificação de tecidos utilizam a divisão dos tipos celulares em três grandes grupos, já vistos algumas vezes, que são os tecidos dérmico, vascular e fundamental.

Entretanto, é importante que você saiba que as células parenquimáticas são encontradas nos três sistemas de tecidos.

Com isso, podemos dizer que as células do parênquima ocorrem em todo o corpo da planta, seja na formação de tecidos com grande espessura ou formados por pequenos agrupamentos, filamentos ou células individuais. Como exemplo de tecidos e órgãos compostos principalmente por parênquima, podemos citar: a medula, córtex, mesófilo da folha, tubérculos, rizomas, frutos, endosperma de sementes, e

feloderma (Lembra dela? Na periderme de plantas lenhosas?). Em contraste, as misturas de tipos de células ocorrem nos tecidos vasculares, onde as células axiais, radiais e do parênquima secretor ocorrem ao lado das células condutoras tanto do xilema, quanto do floema.

Podemos, então, dividir o parênquima em três principais tipos, levando em consideração suas funções e morfologia.

Parênquima clorofiliano

É o parênquima onde ocorre a fotossíntese, por isso, é rico em cloroplastos. Ocorre no mesofilo das folhas e no córtex de caules jovens. Pode ser dos seguintes tipos:

Parênquima paliçádico

Quando observado em corte transversal de folhas, suas células são alongadas, com poucos espaços intercelulares e abundância de cloroplastos; possui número variável de camadas.

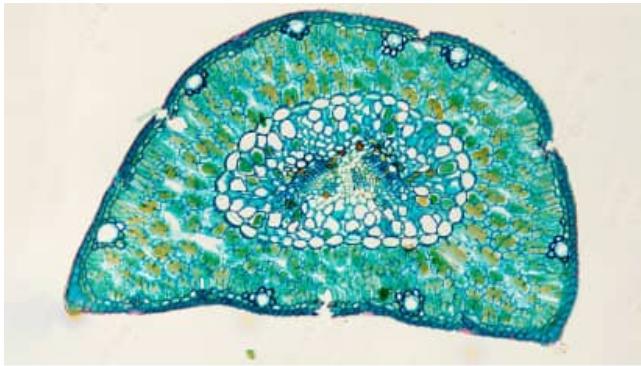
Parênquima esponjoso ou lacunoso

Suas células possuem formas e tamanhos variáveis, geralmente com grandes espaços intercelulares; as células conectadas com o parênquima paliçádico são denominadas **células coletoras**, importantes do ponto de vista taxonômico.



Parênquima esponjoso ou lacunoso.

Parênquima plicado



Parênquima plicado.

É formado por células que apresentam várias dobras na sua forma, proporcionando aumento da área da parede celular.

Tem aparência pregueada; está presente em folhas com mesofilo reduzido ou área foliar reduzida, como nas acículas de *Pinus* sp.

Parênquima braciforme

Suas células possuem projeções laterais extensas, que lembram “braços”, unindo células vizinhas. Este arranjo das células forma grandes espaços intercelulares. Este tipo de clorênquima pode ser encontrado em folhas de algumas Bromeliaceae e Cyperaceae, e em plantas aquáticas.

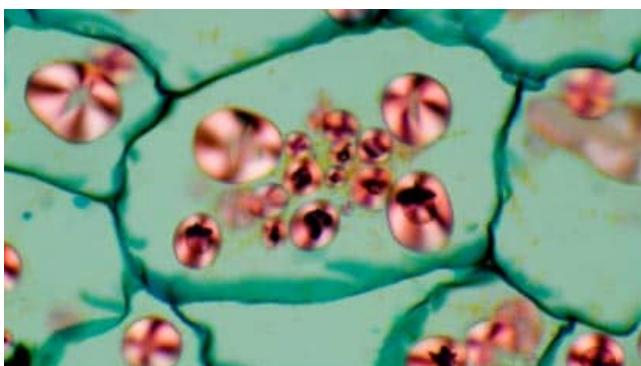
Parênquima de reserva

São diferentes tipos de parênquima, especializados no armazenamento de produtos do metabolismo primário, água e ar. Dividem-se em:

Parênquima amilífero

É um parênquima encontrado em órgãos de reserva, como caules subterrâneos de muitas espécies, como a batata inglesa e o inhame; e em raízes, como batata doce e mandioca.

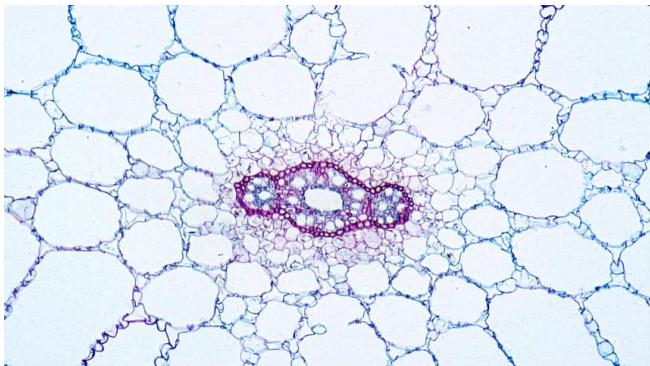
É um tecido especializado no armazenamento de amido em amiloplastos.



Células com grãos de amido.

Parênquima aerífero ou aerênquima

É especializado no armazenamento de ar nos grandes espaços intercelulares. Encontramos aerênquima entre espécies de plantas aquáticas ou de ambientes periodicamente alagados.



Aerênquima caulinar.

Parênquima aquífero

Possui células volumosas que armazena água dentro de seu enorme vacúolo. Suas células, geralmente, são ricas em mucilagem, que facilita a retenção da água. É um tecido presente nas folhas e caules de plantas suculentas ou de hábito epífítico de ambiente seco. Plantas que vivem em ambiente com alta salinidade podem apresentar parênquima aquífero.

Saiba mais

Alguns estudos demonstram que a formação de aerênquima pode ser mediada pela sinalização hormonal de etileno. Isso porque a deficiência de oxigênio em plantas desencadeia a produção de hormônios da classe do etileno, que, por sua vez, induz a apoptose e, muitas vezes, o desenvolvimento de aerênquima. Como na água, a disponibilidade de oxigênio é menor, as plantas aquáticas desenvolvem os aerênquimas.

Células de transferência

Este tipo celular é encontrado em todo o corpo da planta, entremeado aos tecidos vasculares, em tecidos glandulares como os nectários, ou até mesmo em tecidos de órgãos e estruturas reprodutivas, como os ovários e o endosperma.

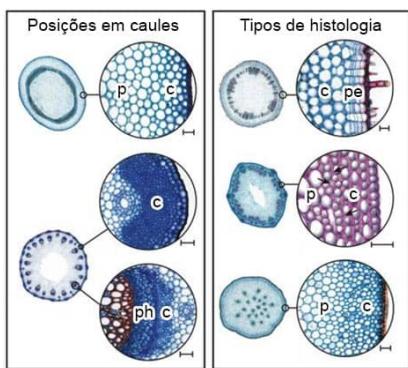
A função dessas células é a transferência de substâncias por curtas distâncias através de invaginações em suas paredes celulares.

Vamos falar agora de tecidos fundamentais que estão mais relacionados com a sustentação das plantas.

Colênquima

Características gerais

Como morfologia geral desse tecido, podemos citar três principais características: suas células com formato alongado; o espessamento irregular de suas paredes celulares e o fato de serem células vivas com parede primária.



Prancha mostrando diferentes possibilidades de localização do tecido e as possíveis morfologias das células de colênquima na planta. (P = parênquima; C = Clorônquima; PH = Floema; PE = periderme)

O colênquima é característico dos órgãos em crescimento, dando resistência com flexibilidade, especialmente caules jovens e folhas. A quantidade de camadas de células do colênquima varia conforme o estímulo que recebe do ambiente, especialmente o vento.

Um estudo foi realizado com duas plantas jovens da mesma espécie: uma foi colocada em local com o ar parado e a outra ficou exposta a vento contínuo.

Ao final de um tempo, verificou-se que a planta submetida ao vento apresentou mais camadas de células de colênquima do que a planta que ficou em local sem vento.

Localização no corpo da planta

O colênquima está presente nos órgãos em estágio de crescimento. Podemos encontrá-lo, por exemplo, em folhas, associado à nervura principal e ao pecíolo, nas bases florais, na maioria dos caules jovens. Uma exceção da presença de colênquima é a raiz. Raramente encontramos esse tipo de tecido em raízes,

principalmente aquelas que apresentam apenas crescimento primário. Entretanto, podemos encontrar colênquima no córtex das árvores.

O grupo das Eudicotiledôneas se destaca na sua composição de colênquima, porque neles há presença desse tecido como unanimidade em plantas maduras. Já em Monocotiledôneas, o colênquima é substituído precocemente por esclerênquima.

Funções

Em geral, o colênquima é tido como um tecido que confere suporte mecânico para o crescimento das plantas. Entretanto, o colênquima não é um simples tecido de suporte, pois não confere apenas resistência, mas também, antagonicamente, confere flexibilidade ao corpo. Logo, podemos dizer que é um tecido caracterizado por certa resistência e maleabilidade, para que a planta possa crescer. Essa característica vem das paredes primárias das células, que são espessadas irregularmente.

Curiosidade

Uma estrutura botânica presente, frequentemente, em plantas que tem movimento nástico, são os pulvinos. Essas estruturas são engrossamentos da base das folhas que têm esse tipo de movimentação e podem nos remeter a um tipo de articulação que permite o movimento de forma segura. Na verdade, como acabamos de ver, o colênquima confere resistência e flexibilidade para os tecidos vegetais, logo, ele é o responsável por esse movimento dos pulvinos.

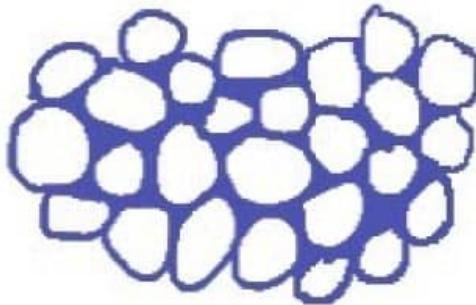


Movimento nástico de *Mimosa pudica*.

Alguns pesquisadores sugerem que o colênquima seja uma fase de desenvolvimento temporal, em que, ao ficar maduro, inicia-se uma deposição de lignina. A deposição dessa substância é chamada de lignificação, e consiste no espessamento das paredes celulares, tornando-as mais resistentes e impermeáveis, com aparência lenhosa indistinguível do tecido de esclerênquima.

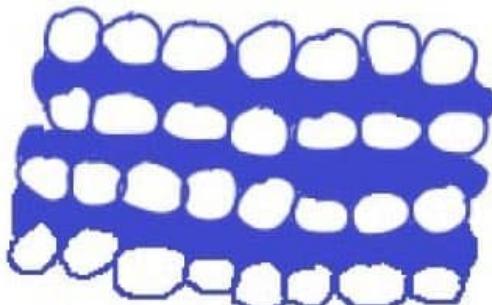
Tipos de Colênquima

Por meio de cortes transversais dos caules jovens ou de folhas, é possível identificar diferentes tipos de colênquima, de acordo com o padrão de irregularidade das paredes de suas células:



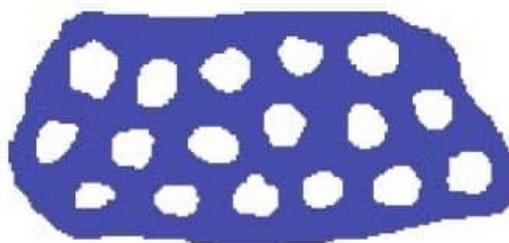
Colênquima angular

As células estão organizadas de modo que todas se tocam em todas as direções, formando espessamento da parede no espaço entre elas.



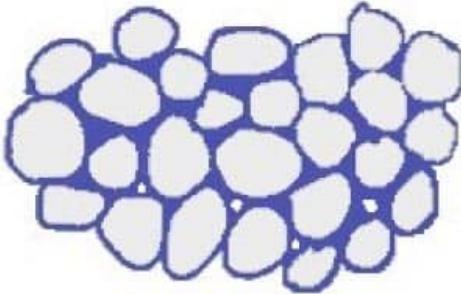
Colênquima lamelar ou laminar

As células estão organizadas de modo que se tocam lateralmente, formando fileiras, e o espessamento da parede ocorre entre as fileiras de células.



Colênquima anelar

As células estão distribuídas de modo que não se tocam; o espessamento preenche todo o espaço em volta delas, com aparência mais uniforme.



Colênquima lacunar

É o único tipo de colênquima que apresenta pequenos espaços entre as células, onde não houve espessamento das paredes.

Esclerênquima

Características gerais

De todos os tecidos fundamentais que estudamos até o momento, sem sombra de dúvidas, o esclerênquima é o mais rígido e que confere maior estabilidade aos órgãos das plantas. Ele dá resistência com força ao corpo da planta.

O esclerênquima é composto por células com paredes secundárias bem grossas, sem a presença de protoplastos. A impregnação de lignina torna as suas células rígidas e normalmente mortas. Sua principal função é mecânica e de suporte para o corpo da planta. O esclerênquima permite que os órgãos das plantas resistam aos estresses mecânicos de tensão, como os que podem resultar do crescimento secundário dos órgãos, flexão, peso e até mesmo a pressão de organismos que acabem passando por cima das plantas, e/ou as condições climáticas extremas, como ventanias e fortes chuvas, sem que ocorram danos estruturais para as plantas.

Ele pode ser encontrado formando um tecido contínuo ou como células isoladas, como no mesofilo de folhas aquáticas. Devemos saber, ainda, que este tecido é característico de órgãos maduros, que já não apresentam mais alongamento celular.

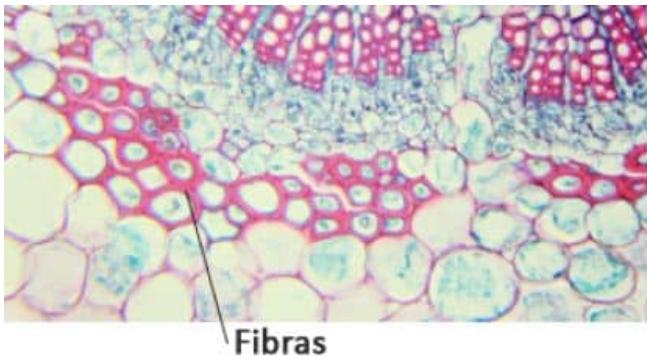
Localização no corpo da planta

Podemos encontrar esclerênquima em diversas partes das plantas, como folhas, flores, caules, sementes, frutos e até mesmo nas raízes.

Tipos de esclerênquima

O esclerênquima pode ser de dois tipos: **Fibras** e **Esclereídeos**.

Fibras



Fibras em floema de caule de Eudicotiledônea.

- São células, em geral, bastante longas e com extremidades pontiagudas, de parede secundária espessa, normalmente, mortas na maturidade;
- São células de sustentação associadas, geralmente, ao xilema e ao floema;
- É comum observar a organização das fibras em feixes ou fileiras de células.

Curiosidade

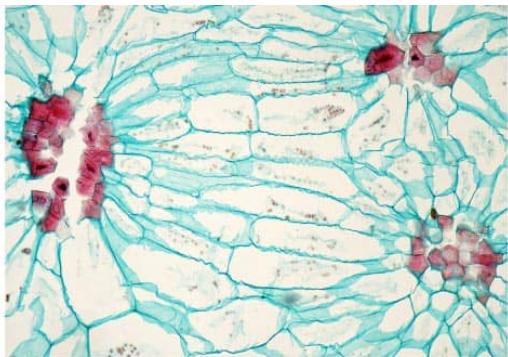
As fibras têm importância econômica, por exemplo: produtos como papel, tecidos, cordas, compostos plásticos e materiais de construção, oriundos de plantas como o Linho e Cânhamo-de-manilha.

Esclereídeos

São células que podem ocorrer de forma isolada ou em grupamentos em pontos específicos dos tecidos fundamentais. São células curtas e podem desenvolver ramificações. Esse tipo celular pode fazer parte do tecido de sementes, frutos e até mesmo folhas. Sua morfologia é variada e, por esse motivo, podemos encontrá-las com outros nomes e classificações de acordo com a forma que ela é apresentada:

Células pétreas ou braquiesclereídeos

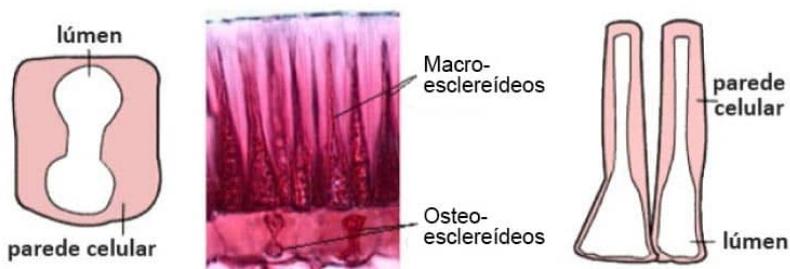
Possuem paredes bem espessas e, normalmente, isodiamétricas. Sabe quando sentimos aquela textura arenosa em alguns tipos de frutos como as peras (*Pyrus*)? É a presença de células pétreas misturadas ao parênquima que dão origem à polpa da fruta.



Microscopia de células pétreas (com coloração rosa) em *Pyrus*.

Macroesclereídeos

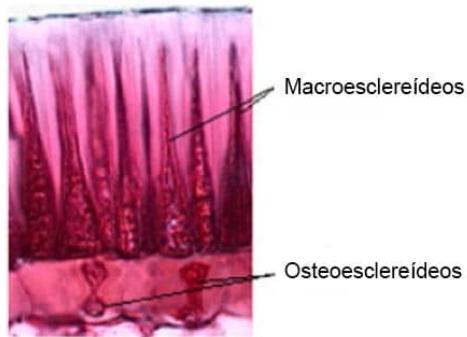
Células de formato mais alongado, presentes no tegumento de diversas sementes. Têm função de exercer a impermeabilidade do tecido. Um exemplo de tegumento composto por esse tipo de tecido são as sementes de ervilha (*Pisum sativum*).



Esquema e microscopia do tegumento de semente de ervilha, contendo dois tipos de esclereides.

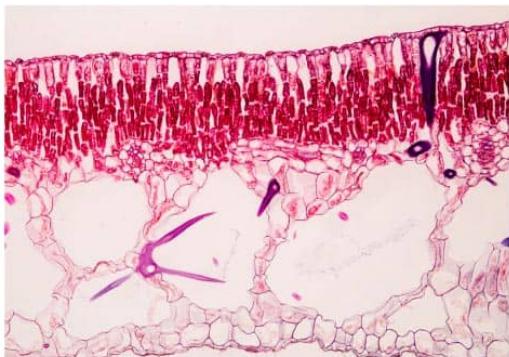
Osteoesclereídeos

Também são encontrados em tegumentos de semente, entretanto, seu formato se assemelha a um osso e, por isso, recebe o prefixo “oste”, como mostra a legenda.



Astroesclereídeos

Quando você lê o prefixo “Astro”, pensa em quê? Eu penso em estrelas e planetas, astrologia etc. Pois bem, esse tipo de esclereído é chamado de astroesclereído, porque diversas ramificações, que se assemelham a uma estrela, estão, muitas vezes, localizados nas extremidades das nervuras das folhas, onde podem ajudar a distribuir as tensões locais impostas pela rigidez da nervura à medida que a folha se agita com o vento.



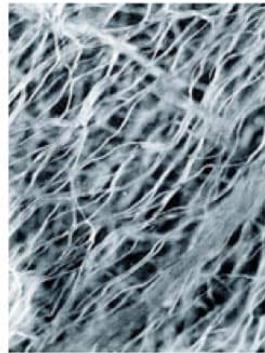
Astroesclereído em aerênquima de folha aquática.

Tricoesclereídeos

São estruturas muito semelhantes às anteriores (astroesclereídes), contudo, possuem a região de lúmen reduzido, assemelhando-se mais aos tricomas.

Esclereídeos filiformes

Este tipo é semelhante a um fio, são células alongadas, que conferem maior resistência a folhas. Elas podem ocorrer, por exemplo, em uma rede de reforço no mesófilo da oliveira (*Olea europaea*).



Esclereídeos filiformes presentes em folha de oliveira, vista de microscopia em luz polarizada.



Uma visão geral dos tecidos fundamentais

A mestra Aline Saavedra vai mostrar a seguir as características gerais que são diagnósticas de cada tecido fundamental: parênquima, colênquima e esclerênquima. Vamos lá!

Para assistir a um vídeo sobre o assunto, acesse a versão online deste conteúdo.



Falta pouco para atingir seus objetivos.

Vamos praticar alguns conceitos?

Questão 1

Os três principais tecidos de uma planta jovem são originados a partir da protoderme, do meristema fundamental e do procâmbio. Assinale a única alternativa que contém um tecido originado a partir do meristema fundamental.

- A Epiderme

B Esclerênquima

C Xilema

D Floema

E Felogênio

Parabéns! A alternativa B está correta.

O tecido meristemático de protoderme dá origem à epiderme, enquanto o tecido meristemático fundamental dá origem ao parênquima, esclerênquima e colênquima. Por fim, o procâmbio, origina os tecidos vasculares que são representados pelo floema e o xilema. O felogênio pertence ao meristema secundário e dá origem à periderme, que são os tecidos de revestimento das plantas que fazem crescimento secundário.

Questão 2

As plantas aquáticas, como as do gênero *Nymphaea*, e até mesmo as vitórias-régias encontradas na região amazônica do Brasil tiveram que desenvolver tecidos especializados para que pudessem exercer a flutuação. Essas adaptações consistem na composição de tecidos celulares com grandes vacúolos que armazenam ar no seu interior. Esse tecido especializado é(são) o(s)

A aerênquima.

B esclerênquima.

C colênquima.

D parênquima clorofílico.

E estômatos.

Parabéns! A alternativa A está correta.

O aerênquima é um tipo de parênquima que contém reservatórios de ar em seus vacúolos, que conferem a flutuabilidade às plantas aquáticas. O esclerênquima e o clorênquima são tecidos que têm como principal função o suporte do corpo da planta, o parênquima clorofílico, por sua vez, é um tecido especializado em realizar fotossíntese, e os estômatos são estruturas epidérmicas que conferem à epiderme a capacidade de troca gasosa e transpiração.



4 - Sistema vascular e estruturas secretoras das traqueófitas

Ao final deste módulo, você será capaz de identificar os tecidos vasculares e estruturas secretoras.

Agora, estudaremos os tecidos vasculares e as estruturas secretoras que fazem parte do corpo de uma planta. Esses tecidos surgiram a partir das Pteridófitas. Na maioria dos trabalhos de evolução de plantas e estudos paleontológicos, os **traqueídeos** são considerados as primeiras células condutoras que surgiram.

O sistema vascular permite que as plantas transportem água e nutrientes de forma rápida e eficaz, por longas distâncias entre as raízes e as partes aéreas das plantas, que assim podem crescer sem restrições em direção à luz do sol. É importante ressaltar que os tecidos vasculares, além de fornecerem transporte, fornecem também suporte mecânico para o corpo da planta, e por isso elas podem desenvolver grandes estaturas, o que confere vantagens evolutivas para seres que dependem de captar luz solar para realização de fotossíntese.

Os primeiros tecidos vasculares a serem formados em uma planta são originados do procâmbio e denominados xilema e floema.

Xilema



Mandioca.

Sabe quando vamos comer um aipim (macaxeira ou mandioca, dependendo da região do Brasil que você mora) e precisamos retirar aquele tecido endurecido que fica no meio? Na verdade, estamos tirando o xilema da espécie *Manihot esculenta*, que, durante sua vida como planta, tem função de transportar água e sais minerais e que tem localização na porção mais interna de todas as plantas.

O xilema é o tecido vascular responsável pelo transporte de água e sais minerais das raízes até as folhas. É composto por células especializadas: elementos traqueais, parênquima e fibras, por isso, ele é um tecido complexo. Ele é rígido, pois seus elementos traqueais são lignificados e extremamente resistentes à pressão da água.

As fibras, por sua vez, têm paredes secundárias uniformemente espessadas e lignificadas, fornecendo suporte mecânico ao corpo da planta.

Elementos traqueais

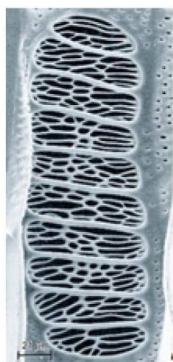
São as células condutoras de água desde a raiz até as folhas. Caracterizam-se como células alongadas no sentido do eixo do órgão; possuem paredes secundárias espessas, lignificadas e são mortas na maturidade. Entre as plantas vasculares, ocorrem dois tipos:

Traqueídeos

Apresentam pontuações ao longo de suas paredes laterais, por onde a água flui de uma célula para a outra. São o único elemento traqueal da maioria das Gimnospermas e de todas as Pteridófitas, e também estão presentes nas Angiospermas. Por conta disso, são considerados uma característica plesiomórfica.

Elementos de vasos

São células que contêm perfurações em sua parede celular. Possuem placas de perfuração em suas extremidades, de modo que as células se comunicam por elas, formando vasos, por onde flui água com sais minerais. Estão presentes apenas nas Angiospermas e nas Gnetaceae, um grupo de Gimnospermas, por isso, são consideradas mais especializadas e tidas como característica derivada. São conhecidos cinco tipos de placas de perfuração: simples, escalariforme, foraminada, reticulada e mista.



Microscopia eletrônica de varredura das paredes das extremidades perfuradas dos elementos dos vasos do xilema secundário.

A parede secundária dos elementos traqueais pode apresentar diferentes padrões de espessamento, também relacionados com a evolução do xilema e na distinção entre táxons:

- anelar;
- helicoidal ou espiralada;

- escalariforme;
- reticulado;
- pontuado.

Os elementos de vaso podem apresentar os cinco tipos de espessamento, mas os traqueídeos formam somente três tipos:

- anelar;
- helicoidal;
- escalariforme.

Fibras

São as células esclerenquimáticas responsáveis pela sustentação do xilema. São células tipicamente沿adas no sentido do eixo do órgão, apresentando parede secundária espessa e lignificada, e as extremidades afiladas. Também são observadas em corte transversal organizadas em fileiras.

Parênquima

O parênquima que constitui o xilema no corpo primário tem origem no procâmbio, e, no corpo secundário, se origina do câmbio vascular. Em corte transversal dos órgãos vegetais em corpo primário, observamos que as células do parênquima estão distribuídas entre as demais células do xilema. Caracterizam-se pela presença de parede primária, com função de armazenamento e transporte de água e solutos a curta distância.

No corpo secundário, podemos distinguir o parênquima formando fileiras axiais e radiais de células. Dessa forma, são distinguidos dois parênquimas no xilema secundário:



Parênquima axial

Com células de paredes finas e alongadas no sentido do eixo do órgão.





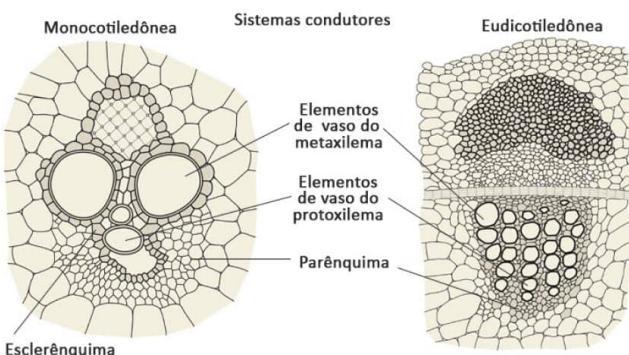
Parênquima radial

Com células alongadas no sentido do raio.

Tanto o parênquima axial, quanto o radial estão envolvidos com o armazenamento e a translocação de água e solutos a curta distância.

Organização do xilema primário

No corpo primário da planta, podemos distinguir duas regiões do xilema: o protoxilema e o metaxilema. A principal diferença entre eles é que o protoxilema é formado primeiro do que o metaxilema. Além disso, o protoxilema consiste em calibres menores de vasos condutores com paredes celulares mais contínuas. O metaxilema, por sua vez, é composto por vasos condutores de calibres maiores, com paredes mais perfuradas. Observe o esquema a seguir:



Esquema representativo de xilema primário.

Curiosidade

Você já ouviu falar do baobá? Essas árvores são originárias do sul da África e podem atingir cerca de 30 metros de altura e 7 metros de espessura! Seus troncos são capazes de estocar até 120 litros de água, enquanto suas flores têm a duração de apenas 1 dia. São árvores muito utilizadas na medicina tradicional dos povos africanos e também são fontes de misticismo para diversos povos.



Indivíduo de Baobá (*Adansonia digitata*) na savana da Tanzânia.

Organização do xilema secundário

O xilema secundário também é chamado de **lenho**, e tem grande importância comercial, pois é a madeira usada na fabricação de utensílios, na construção de casas, barcos, cercas etc. Então, vamos conhecer um pouco mais sobre o lenho:

Sistemas de células

É organizado em dois sistemas de células: axial e radial.

Cortes anatômicos

Planos de cortes distintos para anatomia (transversal, longitudinal radial ou tangencial), que proporcionam visões e caracterizações específicas das suas células.

Anéis de crescimento

Formação de anéis de crescimento em caules secundários, por deposição de camadas distintas de xilema, visíveis em corte transversal. Ocorrem, principalmente, em lenho de árvores de clima temperado, onde há uma divisão clara de período de temperaturas muito baixas, quando o câmbio paralisa sua atividade e um período de temperaturas mais altas, quando o câmbio vascular retoma suas atividades plenamente. Isso proporciona a visualização de bandas estreitas e escuras de xilema não condutor, chamadas lenho tardio,

outonal ou estival; e bandas largas e claras de xilema condutor, chamadas lenho inicial, precoce ou primaveril. Nas regiões tropicais, a formação de anéis de crescimento é menos perceptível, sendo, porém, influenciada, principalmente, pela alternância de períodos de estiagem e chuvosos.

Cerne e alburno

Pode ser dividido em cerne e alburno. O cerne localiza-se na região central, com coloração mais escura, de xilema não funcional. O alburno tem posição mais periférica, de coloração mais clara e constitui-se de xilema funcional. É comum a presença de cristais de oxalato de cálcio.



Cerne e alburno visíveis em corte de caule de árvore.

Curiosidade

Você, provavelmente, já teve a oportunidade de ver algumas árvores que secretam substâncias como resina ou látex. Isso só é possível porque algumas espécies contam com canais resiníferos em sua madeira, que têm como função principal a defesa do corpo da planta em caso de ferimentos. A resina pode ser composta de substâncias, como: óleos e polímeros, por exemplo. O âmbar é um tipo de resina.



Fóssil preservado em âmbar.

Floema

É o tecido responsável pelo transporte dos produtos da fotossíntese, hormônios, substâncias produzidas pelo metabolismo secundário, proteínas, entre outras substâncias muito importantes para a vida das plantas. Além disso, o floema também transporta grande volume de água e pode servir como principal fonte de água para frutas, folhas jovens e órgãos de armazenamento, como tubérculos.

O floema primário é originado a partir do procâmbio, assim como o xilema. Já durante o crescimento secundário, o floema é originado a partir do câmbio vascular. Durante toda a vida da planta, o tecido floemático é composto pelos mesmos componentes: elementos crivados, parênquima e esclerênquima.

Elementos crivados

São as células condutoras, dispostas, longitudinalmente, nos órgãos das plantas. Dois tipos distintos fazem parte dos elementos crivados:

Células crivadas

São células condutoras de floema menos especializadas, plesiomórficas, presentes no floema de Pteridófitas e Gimnospermas. São células alongadas compostas por poros, denominados áreas crivadas, por onde a seiva flui de uma célula a outra.

Todas as células crivadas estão conectadas às células albuminosa ou Strasburger, que mantêm vivo o reduzido protoplasto da célula crivada.

Elementos de tubo crivado

São células especializadas em transportes de seiva, como um caráter derivado do floema, presentes apenas nas Angiospermas. Possuem as áreas crivadas formando placas crivadas, concentradas nas extremidades dos elementos de tubo crivado.

Todos os elementos de tubo crivado estão conectados às células companheiras, para manterem vivo o reduzido protoplasto do elemento de tubo crivado.

As células companheiras estão sempre ligadas a, pelo menos, um elemento crivado, e, à diferença destes, são células compostas por diversas organelas. Elas podem ser classificadas de três formas principais:

Células companheiras comuns

Este tipo de célula companheira se conecta apenas a células do elemento de peneira. Elas também têm paredes celulares finas e lisas.

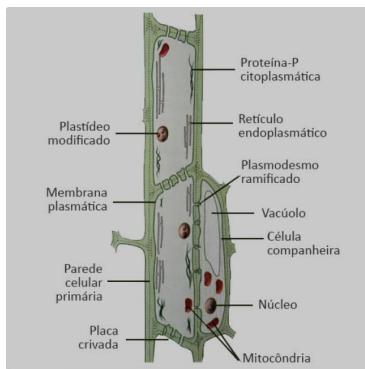
Células de transferência

São tipos de células com muitas dobras nas paredes celulares. Isso permite que mais solutos sejam transferidos para dentro e para fora da célula companheira em comparação com as células companheiras comuns. Elas funcionam como uma espécie de célula necrófaga, coletando açúcares e solutos de outras paredes celulares.

Células intermediárias

Possuem diversos plasmodesmos que as conectam com as células da bainha do feixe vascular e possuem tilacoides pouco desenvolvidos. Transferem solutos por meio de transferências simplásticas, em que o soluto irá se movimentar através do citosol da célula pelos seus diversos plasmodesmos.

É importante saber que as células do floema são vivas! Apesar de, frequentemente, perderem o seu núcleo na maturidade, essas células continuam vivas.



Esquema ilustrativo da constituição dos elementos crivados e das células companheiras.

Atenção

Apesar das semelhanças de função, lembre-se de que, enquanto o complexo de célula companionheira + elemento de tubo crivado é originado pela mesma célula de procâmbio, o complexo célula crivada + célula de Strasburgo é formado por duas células iniciais procambiais distintas.

Parênquima

É responsável pelo armazenamento e transferência a curta distância. Junto aos elementos crivados, são observadas células com invaginações na parede, que aumentam a superfície de contato da membrana plasmática, denominadas células de transferência. Este tipo especializado de **células parenquimáticas** é responsável pelo transporte de solutos em curta distância, tanto para dentro quanto para fora dos elementos crivados.

Esclerênquima

No floema, são encontradas, principalmente, fibras com função de sustentação e, eventualmente, armazenamento. A organização das fibras no floema secundário pode ter caráter taxonômico.

Curiosidade

Conhecidos popularmente como pulgões, os afídeos são insetos que parasitam as plantas sugando e se alimentando dos nutrientes e da sacarose produzida pelas plantas e transportada pelos tecidos de floema.

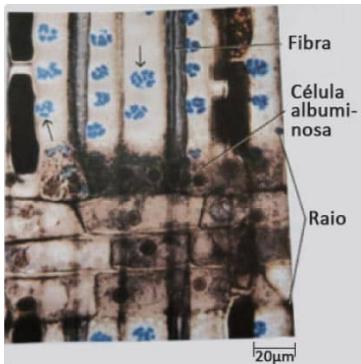


Caule de planta parasitado por diversos Afídeos.

Para as plantas, quando acontecem acidentes mecânicos ou avarias de diversas origens na planta, podem ocorrer lesões no floema, e a seiva, rica em diversas substâncias que a planta gastou muita energia para sintetizar, poderá ser extravasada. Por isso, existem as proteínas P nos elementos crivados.

As proteínas P são moléculas que tem como principal função a reparação de áreas danificadas dos elementos crivados. Elas desencadeiam, ainda, a **calose**, em áreas de injúria. Essa calose isola as áreas danificadas dos elementos crivados, sendo elas polissacarídeos arranjados em espiral e depositados no

tecido. Entretanto, a calose não tem apenas função de reparação de injúrias do tecido. Elas também são utilizadas na formação das células e dos tubos crivados.



Microscopia demonstrando as caloses (coradas em azul) em células crivadas de *Taxus canadenses*.

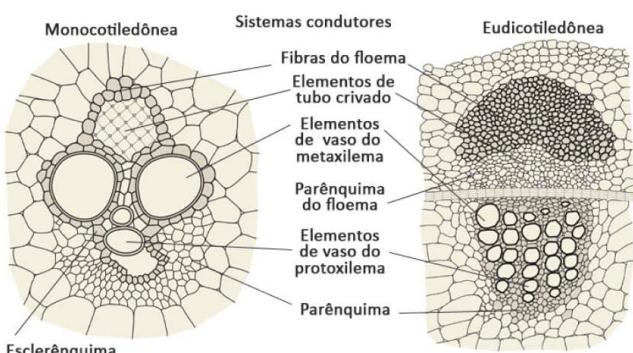
Nesse sentido, nos plasmodesmas das diferentes células encontradas no floema, a calose pode ocorrer nas paredes celulares laterais e terminais, e a união dessas regiões de calose inicia a degeneração de desmotúbulos e, consequentemente, temos a formação do crivo, que consiste em nada mais do que as áreas porosas das células condutoras.

Um conjunto de crivos deve ser denominado de área crivada da célula, e várias áreas crivadas serão denominadas, então, de placa crivada.

Como resumo, podemos dizer que a deposição de calose nas paredes terminais dos elementos de tubo crivado origina os crivos e, portanto, as áreas crivadas, que permitem a comunicação entre as diferentes células e a fluidez de substâncias.

Organização do floema primário

No corpo primário, o floema é diferenciado em duas regiões: **protofloema**, região dos primeiros elementos crivados formados, menores e não funcionais; e **metafloema**, região de células maiores com os elementos crivados recém-formados, funcionais.



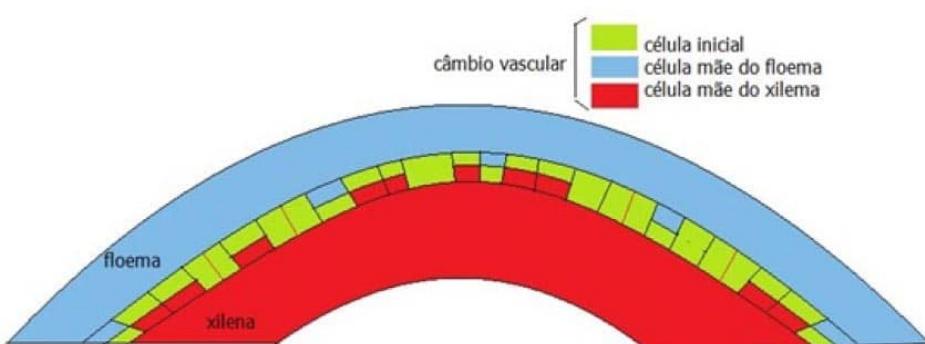
Distribuição dos tecidos condutores no corpo primário.

Organização dos tecidos vasculares no corpo da planta

No corpo primário da planta, floema e xilema, exceto nas raízes, organizam-se formando os **feixes vasculares**. Nas raízes primárias, raios de protoxilema são projetados em direção à periferia do órgão e ficam intercalados por floema. Na organização dos feixes vasculares, o procâmbio permanece entre floema e xilema.

Nos feixes vasculares em que ocorre uma faixa de floema e outra de xilema, classificamos como feixe colateral; o floema fica sempre voltado para a periferia do órgão cilíndrico. Nos órgãos laminares, como as folhas, o floema fica voltado para a face inferior. No feixe bicolateral, o xilema apresenta uma porção de floema acima e outra abaixo, ou o floema possui uma porção de xilema acima e outra abaixo. Os feixes anfivasais possuem o floema circundado pelo xilema e nos feixes anficrivos, o xilema é envolto pelo floema.

A organização de xilema e floema no corpo secundário é concêntrica, formando um cilindro de floema externo ao câmbio vascular e um cilindro de xilema interno ao câmbio vascular.



Esquema de formação de floema e xilema no corpo secundário.

Estruturas secretoras

O que é secreção?

Resposta

É o fenômeno de separação das substâncias do protoplasto e depositadas em células não vivas, vacúolos de células vivas, cavidades ou canais. Podem ser produtos do metabolismo, como cristais, terpenos, taninos, ou substâncias com funções fisiológicas, como hormônios ou enzimas.

As estruturas secretoras podem ter diferentes origens histológicas; dividem-se em: estruturas secretoras **externas ou internas**.

Estruturas secretoras externas

Podem ter origem na epiderme ou compreender a epiderme e tecidos mais profundos, como o parênquima. Os principais tipos são:

- Glândulas – estruturas relativamente diferenciadas e complexas, formadas de muitas células.
- Tricomas secretores – São estruturas secretoras simples. A diferença entre glândulas e tricomas secretores não é muito nítida.

Tricomas secretores ou glândulas

Tricomas secretores ou glândulas secretam óleos, resinas, mucilagem, goma.

X

Glândulas

Glândulas secretam sais em ambiente salino, mucilagem, sucos digestivos.



Tricomas secretores de *Drosera* sp., planta carnívora, com inseto aprisionado.



Resina saindo de um tronco.

- Nectários – secretam líquido açucarado. Ocorrem nas flores (nectários florais) e/ou nas partes vegetativas das plantas (nectários extraflorais). Podem ter diferentes formas.

O floema é o tecido condutor que está associado aos nectários.



Nectário extrafloral.

- Hidatódios – Descarregam água na forma líquida do interior da folha para a sua superfície, num processo chamado **GUTAÇÃO**. Alguns têm tecido que secreta água (glândula). Outros são partes da folha com passagens por onde a água flui da terminação do xilema até aberturas na superfície da folha. São comuns em plantas herbáceas, como o morango.

Estruturas secretoras internas

Têm origem em tecidos internos da planta, sem o envolvimento da epiderme. São três tipos principais:

Células secretoras

Idioblastos ou idioblastos excretores, se o conteúdo for de eliminação. Podem ser sacos ou tubos dependendo do tamanho que as células possuam. As células secretoras são úteis para diagnose taxonômica.



Células secretoras (vermelho) na medula do caule.

Cavidades e canais secretores

Podem ser resultado de dissolução de células (espaços lisígenos) ou de sua separação (espaços esquizógenos), ou de ambos (espaços esquizolisígenos).

Mais comuns:

Gimnospermas

Ductos resiníferos esquizógenos.

Eudicotiledôneas

Ductos gomoresiníferos (lisígenos em manga), espaços lisígenos de óleo essencial em *Cyprus* e esquizógeno em eucalipto.

Laticíferos

São estruturas que secretam látex: um fluido de composição complexa. Podem conter terpenos ou resinas (excreções), ou, ainda, enzimas (secreções), alcaloides, mucilagem e outras substâncias. São unidades ou séries conectadas que contêm látex. São classificados em:

Simples

Células isoladas (unicelular).

Compostos

Séries de células, também denominados articulados (pluricelular).

Ambos os tipos podem ser ramificados ou não. Ocorrem em vários tecidos da planta. Os laticíferos possuem parede primária não lignificada, com espessamentos variados.



Extração de látex com corte profundo no parênquima e floema.

Exemplos de plantas produtoras de látex:

- *Hevea brasiliensis* (seringueira) – látex com terpenos em grande quantidade (borracha);
- *Papaver somniferum* (papoula) – látex com muito alcaloide.
- *Carica papaya* (mamão) – possui enorme quantidade de enzima proteolítica – papaína.



Importância econômica das plantas

A mestra Aline Saavedra apontará a seguir algumas das principais atividades desenvolvidas pelo ser humano, que utiliza as plantas, direta ou indiretamente, para confeccionar produtos que serão comercializados. Vamos lá!

Para assistir a um vídeo sobre o assunto, acesse a versão online deste conteúdo.



Falta pouco para atingir seus objetivos.

Vamos praticar alguns conceitos?

Questão 1

Durante o seu crescimento, as árvores crescem e se tornam mais maduras. Enquanto isso, com o crescimento de regiões secundárias, existem duas regiões internas dos troncos que formam o que conhecemos popularmente como madeira. Podemos dizer que essas regiões são denominadas cerne e alburno, que são respectivamente

- A xilema funcional e súber.
- B xilema e floema.
- C xilema inativo e xilema funcional.
- D súber e floema.
- E xilema funcional e xilema inativado.

Parabéns! A alternativa C está correta.

O alburno de uma árvore é a parte da madeira que desempenha função de vascularização de uma planta com crescimento secundário. O cerne, por sua vez, é o tecido que antes desempenhou função de

tecido vascular e agora desempenha função de sustentar o corpo da planta, pois é um tecido vascular enrijecido e morto.

Questão 2

Alguns animais podem parasitar as plantas consumindo produtos que circulam em seus vasos condutores. Esse produto é a seiva elaborada. A partir de que tecido da planta ela é transportada?

- A Xilema
- B Floema
- C Epiderme
- D Súber
- E Parênquima

Parabéns! A alternativa B está correta.

A planta transporta seiva elaborada por tecidos pertencentes ao Floema. O Xilema de uma planta transporta principalmente água e sais minerais absorvidos do solo. A epiderme é o tecido de revestimento de uma planta jovem, ou de uma planta que não possui crescimento secundário. Caso ela possua crescimento secundário, esse tecido de revestimento será substituído pelo Súber, que conhecemos popularmente como a casca da árvore. O parênquima, por sua vez, é um tecido com funções diversas, como o estoque de reserva nutritiva, tecido especializado em realização de fotossíntese ou até mesmo espaços que estocam ar para facilitar a flutuação de plantas aquáticas.

Considerações finais

Neste conteúdo, tivemos a oportunidade de entender as diferentes características dos tecidos que compõem o corpo de uma planta. Concluímos, também, que nem todas as plantas possuem o mesmo tempo de crescimento e de vida, e que as etapas de desenvolvimento dependem muito de cada espécie.

Vimos que o crescimento primário é responsável pelo desenvolvimento de tecidos que estruturam as plantas e permitem que elas possam se desenvolver em altura, e que o crescimento secundário, por sua vez, é responsável pelo crescimento em diâmetro, ou seja, pelo crescimento de expansão lateral de seus órgãos. Com isso, as plantas puderam desenvolver estratégias evolutivas vantajosas durante a competição por luminosidade, por exemplo.

Espero que tenha gostado do que estudamos até aqui, e que este conteúdo estimule você a explorar mais sobre o assunto. Até a próxima!

Podcast

Para encerrar, a mestra Aline Saavedra fará uma análise do artigo acadêmico intitulado *Caracterização do crescimento primário e secundário em cafeeiros em resposta ao clima na região de Varginha – MG*, visando caracterizar as diferenças morfológicas de cafeeiros durante seu crescimento sob variações climáticas diversas. Vamos ouvir!

Para ouvir o áudio, acesse a versão online deste conteúdo.



Referências

CUTLER, D. F.; BOTHA, T.; STEVENSON, D. W. **Anatomia vegetal**: uma abordagem aplicada. Porto Alegre: Artmed, 2009.

EVERT, R. F. **Esau's plant anatomy: meristems, cells, and tissues of the plant body**: their structure, function, and development. New Jersey: John Wiley & Sons, 2006.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação**: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

LEROUX, O. **Collenchyma**: a versatile mechanical tissue with dynamic cell walls. Annals of Botany, v. 110, n. 6, p. 1083-1098, 2012. p. 1087.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007, p. 830-830.

TAIZ, L.; et al. **Fundamentos de Fisiologia Vegetal** 6. Porto Alegre: Artmed, 2021.

Explore +

Leia:

- O artigo *Caracterização do crescimento primário e secundário em cafeeiros em resposta ao clima na região de Varginha – MG*, disponível na internet, cujo assunto foi tratado e discutido em nosso podcast.
- O artigo *Laticíferos articulados anastomosados: novos registros para Apocynaceae*, e conheça um pouco mais sobre essas incríveis estruturas.