

Citologia e técnicas de estudo anatômico de plantas

Prof^a. Regina Braga de Moura

Descrição

A célula vegetal como unidade básica do corpo do vegetal e as técnicas de coleta e de preparação do material para estudo citológico, histológico e anatômico do vegetal.

Propósito

O domínio sobre as características exclusivas das células vegetais e das técnicas para o seu estudo isolado ou em tecidos e órgãos da planta é essencial para a sua formação e indispensável para sua atuação profissional em diferentes áreas que envolvam os estudos botânicos.

Objetivos

Módulo 1

O microscópio e as técnicas para observação de amostras histológicas e anatômicas vegetais

Descrever a microscopia e as técnicas de coleta e preparo de lâminas de amostras vegetais.

Módulo 2

A célula vegetal

Identificar as características estruturais e bioquímicas das células vegetais.

Módulo 3

A estrutura do aparato fotossintético, os fotorreceptores e as substâncias ergásticas

Reconhecer o aparato fotossintético dos cloroplastos, os fotorreceptores e as substâncias ergásticas.

Introdução

A invenção de ferramentas de amplificação de materiais que nossos olhos não conseguem enxergar possibilitou a descoberta de um mundo invisível que habita as nossas vidas. O microscópio, desde o século XVII, foi sendo aprimorado de modo que viabilizou conhecer e desvendar estruturas e organismos até então desconhecidos. A célula vegetal, unidade de todas as plantas, foi a primeira estrutura a ser visualizada por meio de um microscópio, pelas suas paredes espessas e resistentes, que permanecem, mesmo depois de morta.

Neste conteúdo, conheceremos os tipos de microscópios que hoje em dia são usados nos laboratórios de aulas práticas e em centros de pesquisa em que seres e estruturas vivas microscópicas são analisadas, descritas e estudadas com extrema precisão. Estudaremos, também, a fascinante e precisa maquinaria de transformação de energia que só as células vegetais possuem e que possibilitam a existência de quase todos os tipos de vida no planeta. Veremos que a luz possui receptores específicos dentro da célula vegetal, que fazem a sua leitura e desencadeiam diferentes processos.

Para finalizar, conheceremos substâncias dos metabolismos primário e secundário que as células vegetais sintetizam, armazenam e secretam com diferentes finalidades na sua sobrevivência.

AVISO: [orientações sobre unidades de medida.](#)

Orientações sobre unidades 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 – O microscópio e as técnicas para observação de amostras histológicas e anatômicas vegetais

Ao final deste módulo, você será capaz de descrever a microscopia e as técnicas de coleta e preparo de lâminas de amostras vegetais.

O microscópio

Por que precisamos usar o microscópio?

Quando estamos com a [vista desarmada](#), somos capazes de distinguir com clareza objetos com tamanho até um décimo do milímetro (0,1mm ou 100µm).

Para conseguirmos visualizar de forma precisa objetos menores do que isso, precisamos usar ferramentas ou equipamentos que ampliem o objeto, como as lupas de mão ou um microscópio estereoscópico, também chamado de lupa binocular.

A capacidade de ampliação das lupas é variável, mas não conseguem ampliar de forma clara estruturas como as células. Os microscópios permitem uma excelente visualização de células e tecidos, que possuem dimensões muito inferiores a 0,1mm.

Vista desarmada

Visão sem o uso de aparelhos ou equipamentos para ampliar os objetos observados.



As lupas de mão são ótimas em campo para auxiliar na observação de pequenas estruturas das plantas.

×



Entretanto, se precisamos observar organismos ou estruturas menores do que 0,1mm, temos que usar o microscópio. Ele vai nos permitir observar os detalhes de qualquer estrutura.

Empregamos três conceitos em microscopia na utilização do microscópio:

Ampliação

É a reprodução ou projeção de um objeto ou estrutura em tamanho aumentado, em relação ao seu tamanho normal.

Resolução

É a capacidade de distinguir dois objetos ou estruturas distintas que estejam juntas.

Limite de resolução

É a menor distância entre dois pontos, de modo que ainda apareçam individualizados na imagem formada pelo sistema óptico utilizado.

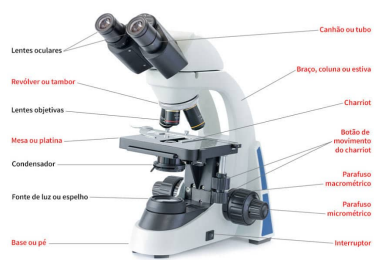
Na prática profissional, dependendo do tipo de estrutura que queremos estudar, podemos lançar mão de dois tipos de microscópio:

Características	Microscópio óptico (MO)	Microscópio eletrônico (ME)
Aumento	Até 1.000 vezes	Até 300.000 vezes
Iluminação da amostra	Por feixe de luz visível ou UV	Por feixe de elétrons
Complexidade	Equipamento simples	Equipamento complexo
Preparo da lâmina para observação	Técnicas de preparação simples	Técnicas de preparação bastante complexas

Comparação entre as características dos microscópios óptico e eletrônico.

Como vamos estudar as técnicas de preparação de lâminas para a microscopia óptica, conheceremos a estrutura e o funcionamento desse microscópio.

O microscópio óptico é composto por dois sistemas de componentes: **sistema óptico** e **sistema mecânico**. Observe na imagem a seguir os sistemas identificados no microscópio óptico.



Sistemas óptico (letras pretas) e mecânico (vermelho) de um microscópio.

Descrição dos componentes do sistema óptico

O sistema óptico é formado por três conjuntos de lentes e componentes complementares: o diafragma e a fonte de luz



Lentes oculares

Uma ou duas lentes encaixadas no canhão, onde posicionamos os olhos para visualizar a imagem. Geralmente, a ampliação das lentes oculares é de 10x.

Lentes objetivas

Conjunto de lentes posicionadas no revólver, com capacidade de ampliação de 4x a 100x. A lente objetiva de aumento de 100x necessita do uso de óleo de imersão sobre a lamínula, para maior aproveitamento da quantidade de luz e maior ampliação da amostra.



Condensador

Forma um cone de luz, concentrando os feixes luminosos.



Diafragma

Elimina os raios de luz periféricos, deixando passar apenas os raios centrais.



Fonte de luz ou espelho

É uma lâmpada embutida emissora de raios luminosos que atravessam o condensador e alcançam a amostra e as lentes para formação da imagem.

Descrição dos componentes do sistema mecânico

O sistema mecânico de um microscópio fornece estabilidade e suporte para a parte óptica. Seus componentes são os seguintes:

Base ou pé	Braço, coluna ou estativa	Platina ou mesa	Charriot
Sustenta todo o microscópio óptico.	Conecta o pé ao tubo ou canhão com as lentes objetivas. Estão acoplados ao braço: a platina, os botões macrométrico e micrométrico e o suporte do condensador.	Pequena mesa, onde se posiciona a lâmina a ser observada, presa com as garras ou pinças.	Peça que fica sobre a mesa e movimenta a lâmina para cima e para baixo, para a esquerda e para a direita, acionada por dois botões.

A utilização do microscópio

Agora que já conhecemos os componentes do microscópio óptico, podemos passar para a sua correta utilização.

Sabemos que o aumento total conferido pelo MO é o **produto do aumento da lente objetiva e da lente ocular (objetiva x ocular)**. Além do aumento proporcionado pelo jogo de lentes, o campo de visão também se altera conforme combinamos as lentes objetivas com as oculares.

O que é o campo de visão ou campo visual?

É a área visível e observada da amostra ao microscópio. Observe que, quanto maior o aumento, menor o campo de visão, porém, observa-se em maior detalhe.

Aumento ocular	Aumento objetiva	Aumento total	Diâmetro do campo de visão
10x	10x (pequeno aumento)	100x	1.500µm
10x	40x (grande aumento a seco)	400x	375µm
10x	100x (grande aumento, imersão em óleo)	1000x	150µm

Quadro: Aumento e campo de visão em um microscópio óptico.

Cuidados com o microscópio

O microscópio é um equipamento essencial para quem trabalha, pesquisa ou estuda anatomia vegetal. Para que ele se mantenha preciso e tenha uma longa durabilidade, é necessário que alguns cuidados sejam tomados para o seu manuseio e conservação; tome nota:



- O microscópio deve ser mantido longe de umidade.
- Devemos evitar transportá-lo de um local a outro; se for necessário, segurar firmemente pelo pé e pelo braço.
- Devemos manter as lentes objetivas e oculares limpas e o aparelho coberto, quando não for usado.
- Ao terminar o uso, devemos retirar a lâmina, posicionar a lente objetiva de menor aumento sobre a platina, reduzir a luminosidade, apagar a luz e desligá-lo da tomada.

Com esses cuidados, o microscópio permanecerá preciso e terá longa duração.

Microtécnica vegetal

O conjunto de técnicas empregadas na produção de lâminas de amostras vegetais denomina-se **microtécnica vegetal**. Ela compreende realizar cortes ultrafinos, precisos, transparentes, com coloração adequada, para permitir a passagem da luz e a visualização dos contornos precisos de cada célula e estruturas visíveis ao microscópio óptico. Conforme as particularidades da observação, as amostras vegetais podem ser:



Amostras frescas

Quando são imediatamente processadas e montadas em lâminas, geralmente temporárias para observação imediata.



Amostras fixadas

As amostras são fixadas em substâncias próprias assim que são coletadas, e o processamento e a montagem das lâminas ocorre em tempo posterior.

Técnicas para obtenção de lâminas

São várias as técnicas usadas para obtenção de lâminas cito histológicas vegetais, e as etapas comuns para sua preparação são as seguintes:

1. coleta da amostra vegetal;

2. fixação;
3. conservação;
4. corte;
5. diafanização ou despigmentação;
6. coloração; e
7. montagem da lâmina.

Coleta, fixação e conservação da amostra

Geralmente, a amostra é obtida por meio de coleta, e as técnicas de coleta aqui descritas são aplicadas para material fresco ou a ser fixado. Todos os órgãos da planta podem ser coletados e preparados para estudo anatômico.



Coleta de folhas com tesoura de poda.

O principal fixador usado em anatomia vegetal, que já deve estar pronto e nos frascos no momento da coleta é o **formaldeído ácido acético álcool** (FAA). Fixamos a amostra para paralisar todos os processos vitais e de autólise, estabilizando os processos celulares, mantendo íntegra toda a estrutura celular.

Caso não possua o FAA à disposição, você pode usar o álcool 70% também para fixação, mas não é o mais adequado.

Sabendo disso, podemos partir para a coleta, com o seguinte material:

- potes de vidro contendo o fixador e etiquetados para identificação;
- lápis;
- tesoura de poda; e
- lâmina de aço ou bisturi

Em campo, todo material coletado deve ser fixado imediatamente, caso não seja levado para o laboratório em seguida, para processamento. É importante que as amostras estejam íntegras, sem ferimentos ou infestações. Vamos ver como coletar cada parte da planta:

Raiz e caule

Por serem órgãos que possuem corpo primário e corpo secundário, deve-se obter amostras das duas regiões. As amostras de caules e raízes em corpo secundário devem ficar em solução amolecedora, para facilitar os cortes. A solução amolecedora usual é glicerina:álcool 70% (1:1).

Flor

Para estudo da anatomia total da flor, devemos coletar botões bem fechados, que já possuem todas as estruturas formadas e visíveis. Mas, se vamos estudar a arquitetura das pétalas, sépalas ou de outras estruturas individualmente, deve-se coletar as flores abertas e colocá-las no fixador, com cuidado para não as amassar.

Folhas

As folhas ideais para estudo anatômico são aquelas plenamente desenvolvidas, localizadas entre o 4º e o 6º nó. Não deixe que amassem ao colocar no fixador.

Frutos e sementes

Os frutos e sementes devem ser coletados conforme o propósito do estudo e das etapas de desenvolvimento que se quer estudar.

Material coletado e fixado, quais os próximos passos?

Permanência do material no fixador por 24 a 48 horas, dependendo da sua consistência.

Transferência do material para frascos contendo álcool 70%, solução conservante.

Permanência das amostras no conservante por tempo indeterminado, desde que o álcool seja renovado periodicamente.

Até aqui, as técnicas mostradas são aplicáveis às plantas que possuem estrutura de corpo consistente, com tecidos bem desenvolvidos e alguns deles lignificados.

E se nós quisermos estudar a estrutura ou a anatomia das algas, como deve ser o procedimento de fixação?

Resposta

As algas devem ser fixadas em formol 4% (4mL de formaldeído 37-40% acrescidos de 96mL de água do mar ou doce, dependendo da origem da alga).

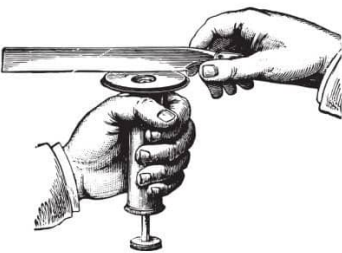
Técnicas de cortes ou secções anatômicas

Para que permitam a passagem de luz do microscópio e proporcionem uma visualização clara e limpa, os cortes devem ser:

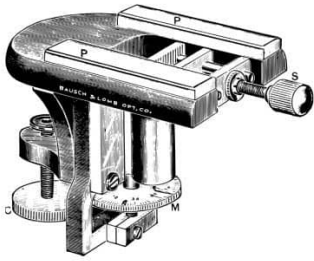
- ultrafinos (ideal entre 3 e 10µm, dependendo do material); e
- retos.

Existem diferentes técnicas para obtenção de cortes histológicos. A mais simples é com as habilidades das próprias mãos, e as mais complexas utilizam equipamentos muito sofisticados.

Nos cortes à mão livre, podem ser utilizadas ferramentas que auxiliam na obtenção de cortes precisos, como os micrótomos de mão ou de mesa. Essa é a técnica que vamos conhecer neste conteúdo.



Micrótomo de mão.



Micrótomo de mesa.

A técnica de corte à mão livre é capaz de proporcionar cortes perfeitos, dependendo da habilidade de quem os executa, inclusive em estudos para publicação. Então, vamos lá.

Para começar, vamos compreender a relação dos cortes com a forma dos vegetais. Pense nas partes dos vegetais: raiz, caule, folhas, flores, frutos, sementes. Todos eles devem proporcionar os mesmos tipos de corte? **Certamente não.**

Os cortes básicos que realizamos nos órgãos vegetais são: **transversal e longitudinal**. Entretanto, para folhas e caules existem especificidades de acordo com a forma do órgão e o que queremos observar na anatomia.

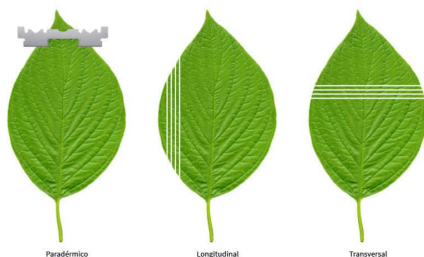
Cortes anatômicos em folhas

A folha é um órgão laminar que possui regiões e características anatômicas diferentes, observe.

Regiões foliares estudadas em anatomia.

Repare que os cortes de bordo, região intercostal e nervura mediana sempre devem ser feitos no terço médio da folha.

Nas folhas, podem ser feitos cortes paradérmicos, transversais e longitudinais. Os mais usuais são paradérmico e transversal. O paradérmico permite a observação dos detalhes apenas do tecido de revestimento das folhas em vista frontal; já o transversal e o longitudinal permitem a visualização dos tecidos que formam o mesofilo, além do revestimento



Tipos de cortes anatômicos de folha.

Cortes anatômicos em caules

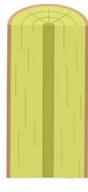
Nos caules (e nas raízes) são feitos cortes transversais e longitudinais. Entretanto, os longitudinais devem ser de dois tipos, para se obter a visualização de todas as células dos tecidos condutores.



Corte transversal



Corte longitudinal tangencial



Corte longitudinal radial

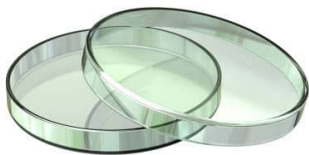
Tipos de cortes anatômicos de caule.

Os cortes tangenciais são feitos paralelamente ao diâmetro do órgão, próximos à periferia do órgão, sem atingir o centro. Os cortes longitudinais radiais também são paralelos ao diâmetro, mas passando pela região central do órgão.

Cortes à mão livre

Agora, vamos conhecer como realizar os cortes à mão livre.

- Realizados manualmente.
- Menos preciso na espessura — 20 a 90µm, dependendo da habilidade.
- Mais barato — material necessário acessível e simples.
- Mais rápido — procedimentos de pouca duração.
- Mais simples — uso de pouco material e poucos reagentes.
- Aplicado a amostras frescas ou fixadas.



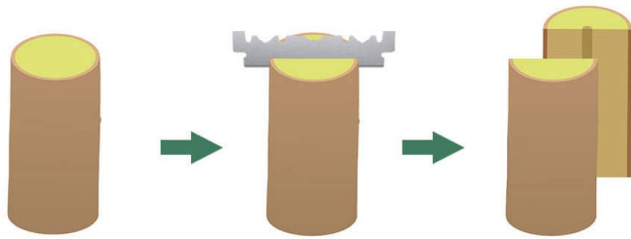
Placa de petri.

Material necessário para realização dos cortes à mão livre:

1. Amostra vegetal.
2. Lâmina de aço nova, afiada.
3. Suporte para a amostra — pode ser isopor, medula de pecíolo de imbaúba ou cenoura.
4. Pincel nº 2 e pinça metálica de ponta chata para manipular os cortes.
5. Placa de petri com água para depositar os cortes executados.

O suporte precisa ser preparado adequadamente, de acordo com o tipo de órgão que vamos cortar. Para as folhas, basta cortar o suporte ao meio. Para órgãos cilíndricos, como caule, raiz, botão floral, fruto, semente, é necessário fazer uma canaleta para encaixar a amostra.

Com isso, as amostras tenras e delgadas ficam firmes entre as partes do suporte e o manuseio é mais seguro, evitando cortes nos dedos.



Preparo dos suportes para cortes em anatomia vegetal.

Comentário

É importante saber que a obtenção dos cortes perfeitos não é uma tarefa que se consiga na primeira tentativa. É preciso persistência nos treinos para se obter cortes ultrafinos e retos, adequados para montagem das lâminas para anatomia vegetal.

Algumas observações são importantes quando realizamos os cortes em amostras vegetais:



Mantenha a superfície de corte molhada (use o pincel), para evitar a formação de bolhas nos cortes.



Trabalhe com a metade da lâmina de cada vez para evitar cortes nos dedos e para tornar o uso mais eficiente.



Nunca deixe um corte exposto ao ar; assim que cortar, deposite-o na água para não ressecar e perder as características histológicas.

Para estudarmos as estruturas das algas microscópicas, observamos diretamente os organismos em lâmina contra lamínula, após as amostras serem lavadas abundantemente em água. Para algas maiores, a melhor técnica é a microtomia.

Comentário

Podemos obter cortes mais finos, empregando as mesmas técnicas de preparo das amostras do corte à mão livre, mas usando equipamentos simples de corte, como o micrótomo de mão e o micrótomo de mesa. Entretanto, a sua aquisição encarece o processo.

Técnica de coloração dos cortes e montagem de lâmina

Fazemos a coloração dos cortes para evidenciar as características estruturais das células e dos tecidos. O uso de corantes evidencia a forma e tamanho das células, bem como espessura e natureza das paredes celulares. Essas características nos permitirão identificar os tecidos, sua organização e os órgãos que os compõem.

Para isso, é necessário que a célula esteja limpa e clara para receber os corantes e evidenciar o que desejamos observar. Depois segue-se a coloração.

Etapas de coloração dos cortes para montagem da lâmina

Após ter uma quantidade de cortes suficientes para as visualizações e análises, eles deverão passar pelas seguintes etapas, de acordo com a natureza do corante:

1 – Diafanização, despigmentação ou clareamento

Serão retirados todos os pigmentos e alguns componentes celulares. Nesta etapa, os cortes devem ficar totalmente transparentes. Usa-se o hipoclorito (água sanitária comercial) de 20% a 30%. Os cortes devem permanecer mergulhados até que fiquem totalmente transparentes.

2– Enxágues

Os cortes devem passar por três enxágues em água destilada, para a total retirada da água sanitária.

3– Diferenciação

Quando o corante for aquoso, usamos ácido acético a 1%, para preparar as células para a entrada do corante. Os cortes devem permanecer em diferenciação por dois minutos, seguido de dois enxágues.

4– Desidratação

Quando o corante for alcoólico, os cortes devem ser mergulhados em etanol 70% por três minutos e depois em etanol 50% por mais três minutos. Retirar o etanol e seguir para a coloração.

Os corantes usualmente empregados em lâminas histológicas vegetais são:

- Safranina hidroalcoólica 0,5% — ideal para epiderme.
- Azul de toluidina 0,03% — evidencia com tonalidades diferentes de azul os diversos tecidos, de acordo com a natureza da parede celular.
- Safranina 1,0% + azul de astra 1% (corante duplo), conhecido como safrablau — diferencia os tecidos corando em azul as paredes celulósicas e em vermelho as paredes lignificadas.
- Fucsina 0,5% — evidencia as paredes celulares lignificadas.
- Verde firme (*fast green*) 0,5% — evidencia as paredes celulósicas.



Uso de corante em lâminas histológicas.

Para o estudo da anatomia de algas calcárias, deve-se fazer a descalcificação mergulhando os fragmentos em ácido nítrico a 0,6M por um período máximo de 24 horas, de acordo com a espécie. A solução ácida deve ser renovada periodicamente a cada 15 minutos, até cessar o desprendimento de bolhas de gás carbônico. Em amostras delicadas, duas a três trocas devem ser suficientes para uma total descalcificação. Após a descalcificação, as amostras estão prontas para a sequência de desidratação alcoólica e inclusão em resina ou parafina.

Etapas de montagem das lâminas

Podemos montar lâminas temporárias ou semipermanentes.

Lâminas temporárias

Recebem água para montar a lamínula e têm curta duração, porque a água evapora e resseca a amostra.



Lâminas semipermanentes

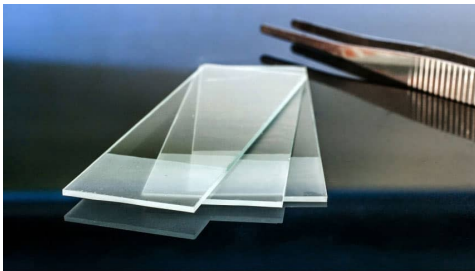
Recebem a glicerina 50% para montar a lamínula e têm duração de alguns meses.

Para a montagem das lâminas, são necessários os seguintes materiais:

- Suporte para a lâmina (de madeira ou metálico).
- Lâminas para histologia.
- Lamínulas para histologia.
- Pincel nº 2.
- Pinça.
- Glicerina 50% (lâminas semipermanentes) ou água destilada (lâminas temporárias).
- Esmalte transparente para [lutar](#) as lâminas semipermanentes.

lutar

Vedar os bordos da lamínula depositada sobre a amostra.



Vejamos a seguir as etapas de confecção da lâmina:

1. Acomode a lâmina e vá ajeitando os cortes um a um com o pincel, do centro para as laterais da lâmina, até o tamanho da lamínula. Não coloque cortes próximo das bordas.

2. Pingue uma gota de glicerina 50% para cada dois cortes ou em quantidade suficiente que cubra toda a superfície, quando a lamínula for depositada.

3. Com a ajuda de uma pinça, deposite a lamínula sobre os cortes.

4. Vede as bordas com o esmalte transparente, para que a lâmina não seque. Se a lâmina for temporária, não se vedam as bordas.

5. Guarde as lâminas semipermanentes em bandejas, uma ao lado da outra, ou em laminário ao abrigo do calor e da umidade.



Preparo de lâminas histológicas

Neste vídeo apresentamos, em laboratório de microscopia, a técnica de corte à mão livre, coloração das amostras e montagem de lâminas histológicas.

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

Ao observar uma amostra de tecido vegetal ao microscópio com ocular de 10x de aumento, um aluno moveu o revólver e mudou da objetiva de 10x para a de 40x. Observe as afirmativas que foram feitas sobre o manuseio do aluno.

- I. Ele precisou mover o parafuso macrométrico para fazer o ajuste fino do foco para o novo aumento.
- II. Ele precisou mover o parafuso micrométrico para fazer o ajuste fino do foco para o novo aumento.
- III. Ele ampliou o seu campo de visão.
- IV. Ele reduziu o seu campo de visão.
- V. Ele passou a observar a amostra com aumento de 10x.
- VI. Ele passou a observar a amostra com aumento de 40x.
- VII. Ele passou a observar a amostra com aumento de 400x.

É correto apenas o que se afirma em

- A I, III e V.
- B I, IV e VI.
- C II, III e VII.
- D II, IV e VII.
- E II, III e V.

Parabéns! A alternativa D está correta.

Sempre que movemos as lentes objetivas, precisamos fazer o ajuste fino do foco, movendo o parafuso micrométrico. Se a ocular aumenta 10x e a objetiva passou a ser a de 40x, o aumento agora é de 400x, e o campo de visão diminui, mas proporciona uma visão mais detalhada.

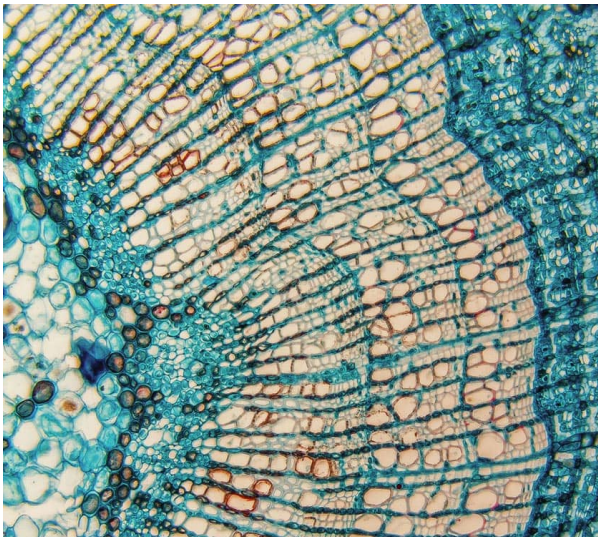
Questão 2

A preparação das amostras vegetais para microscopia deve seguir um protocolo para obtermos a melhor visualização possível dos detalhes histológicos. Para isso, é importante a etapa de total despigmentação da amostra que é

- A a diafanização, quando fragmentos fixados do vegetal passam pelo hipoclorito.
- B a diafanização, quando cortes obtidos dos fragmentos do vegetal passam pelo hipoclorito.
- C a diferenciação, quando os fragmentos fixados do vegetal passam pelo ácido acético.
- D a diferenciação, quando os cortes obtidos dos fragmentos do vegetal passam pelo ácido acético.
- E a clarificação, quando cortes obtidos dos fragmentos do vegetal passam pelo ácido acético.

Parabéns! A alternativa B está correta.

A etapa de despigmentação também é conhecida como diafanização ou clarificação, e consiste em tratar os cortes obtidos dos fragmentos vegetais com hipoclorito para retirar completamente os pigmentos e as estruturas celulares.



2 – A célula vegetal

Ao final deste módulo, você será capaz de identificar as características estruturais e bioquímicas das células vegetais.

Características estruturais e bioquímicas das células vegetais

Muitas estruturas são comuns a células vegetais e animais. Entretanto, o modo de vida fixo e o autotrofismo são condições que necessitam de mecanismos fisiológicos específicos. Para isso, as células vegetais contam com estruturas exclusivas, de fácil identificação e localização: parede celular, plastídios e vacúolo.

Bioquímica da célula vegetal

Toda a matéria viva presente na Terra é constituída, em sua maior parte, por moléculas formadas pelos seguintes elementos: C, H, O, N, S, P, juntamente com a água e os sais minerais. A água corresponde a mais de 50% da composição de toda matéria viva, incluindo-se as plantas, nas quais a água pode chegar a representar até 90% do peso de seus tecidos vegetais. Os sais minerais, exigidos pelas plantas em menor ou maior quantidade, contribuirão para o perfeito desenvolvimento desses organismos.

Estarão presentes em todas as células do corpo dos vegetais quatro tipos de moléculas orgânicas, que desempenham funções essenciais, tanto na sua estrutura, como no seu funcionamento; são os **metabólitos primários**: **carboidratos**, **proteínas**, **lipídios** e **ácidos nucleicos**.

Carboidratos

Acerca dos carboidratos, podemos dizer que:

- São as moléculas mais abundantes na natureza.
- Armazenam energia, na maioria dos organismos.
- Formam componentes estruturais nas células.
- Podem ser formados por 1 molécula (monossacarídeo), 2 moléculas (dissacarídeo) ou várias moléculas (polissacarídeo).

Principais monossacarídeos

Ribose e desoxirribose

Constituintes do RNA e do DNA, respectivamente.

Xilose e arabinose

Constituem glicoproteínas e estão presentes nas paredes celulares de muitas plantas.

Ribulose

Participa na incorporação de carbono durante a fotossíntese.

Glicose

É o produto primário da fotossíntese. Principal fonte de energia química, tanto para as plantas, como para os animais.

Principal dissacarídeo

Os dissacarídeos são formados pela ligação de dois monossacarídeos. O principal dissacarídeo presente nos carboidratos é a **sacarose**. É formada pela ligação de glicose e frutose. É a forma como os açúcares são translocados no corpo da planta, entre o local de fotossíntese e os diferentes

órgãos de armazenamento e em desenvolvimento.

Principais polissacarídeos

São polímeros de monossacarídeos, os principais são homopolissacarídeos, isto é, são constituídos por um só tipo de monossacarídeo.

Amido

Tem função de reserva energética. É um homopolissacarídeo de α -glicose.

Celulose

É o composto orgânico mais abundante na natureza. 50% do carbono orgânico da biosfera está contido na celulose. A madeira tem 50% de celulose e as fibras de algodão são constituídas quase totalmente de celulose. É um homopolissacarídeo de β -glicose que desempenha função estrutural na parede celular vegetal. Essa função está relacionada à sua conformação fibrilar, muito resistente a rupturas.

Lipídios

Acerca dos lipídios, podemos dizer que:

- Estão representados por óleos e gorduras.
- São insolúveis em água (hidrofóbicos).
- Formam moléculas armazenadoras de energia.
- São constituintes estruturais de membranas e paredes celulares.
- Não formam polímeros.

Principais lipídios vegetais

Quimicamente, óleos e gorduras vegetais são compostos semelhantes, mas fisicamente são diferentes. As gorduras possuem cadeias longas de ácidos graxos e baixo grau de insaturação, enquanto os óleos possuem cadeias mais curtas e alto grau de insaturação.

Gorduras

As principais que estão presentes nos vegetais são: cutina, cera e suberina. São gorduras que impregnam a parede celular, com função estrutural, na impermeabilização dos tecidos de revestimento, principalmente.

Óleos

Constituem a reserva energética dos vegetais; são armazenados principalmente nas sementes. Podem estar dispersos como gotículas no protoplasma ou em organelas, como os elaioplastos.

Fosfolipídios

Têm função estrutural, especialmente constituindo as membranas celulares.

Óleos essenciais (terpenoides)

São lipídios formados normalmente por cadeias de 10 ou 15 isoprenos. Normalmente, estão associados a estruturas secretoras externas, exalando odores característicos das plantas.

Proteínas

Acerca das proteínas, podemos dizer que:

- Entre os vegetais, representam menos de 50% do peso seco.
- Desempenham uma grande diversidade de funções nos organismos vivos, entre elas, estrutural na composição de membranas.
- As enzimas são um grupo especial de proteínas que catalisam reações químicas dentro das células.
- São polímeros que apresentam 4 níveis de organização e complexidade, formados pela combinação de 20 aminoácidos.

As proteínas são moléculas que possuem funções específicas nos organismo, e nas plantas não é diferente. Todas as proteínas são sintetizadas pelo próprio corpo da planta, assim como ocorre com qualquer outro ser vivo.

Nas plantas, as sementes de algumas espécies (cereais e leguminosas) são o órgão de maior teor de proteínas, podendo corresponder a 40% do peso seco. São uma forma de reserva de aminoácidos que serão utilizados pelo embrião quando houver a retomada do desenvolvimento na germinação da semente.



Ácidos nucleicos

Acerca dos ácidos nucleicos, podemos dizer que:

- São longos polímeros formados por unidades denominadas nucleotídeos.
- Cada nucleotídeo é formado por três subunidades: um grupo fosfato (PO_4^{3-}), uma ribose ou uma desoxirribose e uma base nitrogenada.
- O tipo de açúcar presente na cadeia determinará o tipo de ácido nucleico e, conseqüentemente, a sua função.

Os organismos vivos possuem dois tipos de ácidos nucleicos, de acordo com o açúcar que constitui a cadeia:

Ácido desoxirribonucleico (ADN ou DNA)

Possui a informação genética dos organismos.

Ácido ribonucleico (ARN ou RNA)

Tem como função a síntese das proteínas necessárias ao organismo, a partir das informações genéticas do DNA.

Saiba mais

Além dos metabólitos primários, os vegetais sintetizam substâncias denominadas **metabólitos secundários** ou **metabólitos especiais**. Esse tipo de metabólito não está presente em todos os órgãos da planta, nem em todas as plantas, mas têm papel fundamental na sobrevivência e na propagação das espécies que os produzem. São sintetizados em resposta a pressões do ambiente, assim como durante as fases do ciclo de vida, como atrativos de polinizadores, por exemplo.

Características estruturais da célula vegetal

Sabemos que animais e vegetais são muito diferentes, mas, algumas vezes, eles chegam a nos confundir.

Observe as imagens abaixo e responda: onde está o bicho e onde está a planta?

Bicho-pau.



Bicho-folha.

É difícil distinguir esses animais, quando estão entre os galhos ou folhas. Mesmo sendo estruturalmente muito parecidos, eles possuem diferenças profundas e significativas: os vegetais são autótrofos e possuem como principal componente do corpo os carboidratos. Os animais, além de serem heterótrofos, têm o corpo composto principalmente por proteínas.

Essas características distintivas trazem significativas diferenças estruturais entre animais e vegetais, e isso é observado em nível celular.

Vamos começar lembrando como é a organização geral de uma célula eucariótica. Toda célula eucariótica possui um envoltório, um citoplasma, onde as organelas ficam mergulhadas e em movimento, e um núcleo individualizado por uma membrana.

Como eucariontes, as células vegetais possuem a mesma estrutura básica, mas a sua diferença para a célula animal começa no envoltório: as células vegetais possuem um envoltório complexo, denominado **parede celular**, externo à membrana plasmática. As outras duas diferenças iremos encontrar no citoplasma, denominado mais comumente para as células vegetais de **protoplasma**. Além da maioria das organelas encontradas nas células animais, encontraremos o **vacúolo** e os **plastídios**, que são exclusivas de células vegetais.

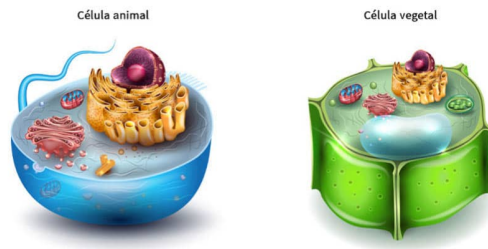


Ilustração com detalhes de célula animal e célula vegetal.

Então, vamos nos deter e aprofundar o conhecimento sobre parede celular, vacúolo e plastídios, exclusivos de células vegetais, apenas lembrando as demais organelas que já são nossas conhecidas.

Parede celular

É um envoltório com estrutura complexa, constituída de componentes químicos diferentes, resultando em propriedades físicas particulares.

Essa diversidade de combinações químicas na constituição das paredes celulares pode proporcionar papéis biológicos distintos para células e tecidos dentro do corpo da planta:

Tecidos muito delicados, como das polpas dos frutos, cujas células se rompem facilmente.

Tecidos com células extremamente resistentes, como os da base de uma grande árvore.

Tecidos de sementes podem ser extremamente resistentes à predação, a altas temperaturas e ao congelamento, em função das características da parede celular.

Esses são alguns exemplos de papéis biológicos da parede celular, que podem ser observados em diferentes tecidos vegetais.

Quando falamos em parede celular, estamos nos referindo à seguinte organização:

Lamela média	→	Camada mais externa
Parede primária	→	Presente em todas as células
Parede secundária	→	Presente só em algumas células
Plasmodesmos	→	Comunicação célula – célula

A parede celular é a principal característica que devemos utilizar para diferenciar uma célula vegetal de uma célula animal. Ela delimita o tamanho e a forma da célula e restringe a expansão celular, principalmente em função da entrada de água na célula. Essa propriedade previne o rompimento da membrana plasmática quando a célula fica [turgida](#). Além disso, participa na proteção da célula contra a entrada de bactérias e fungos, por meio de enzimas que sinalizam o ataque de microrganismos, para a produção de [fitoalexinas](#).

Úrgida

Cheia de água.

fitoalexinas

Compostos do metabolismo secundário com ação antimicrobiana.

Saiba mais

Todas as células vegetais possuem uma parede primária, formada durante a divisão celular. Células de tecidos de sustentação ou que sofram forte pressão, além da parede primária, sintetizam uma parede secundária após o término do seu crescimento

Composição da parede celular

A parede celular é composta por:

Lamela média ou lamela mediana

É uma camada externa à parede primária, rica em pectina que mantém unidas as paredes primárias de células adjacentes. Tem caráter hidrofílico e está em contato direto com o apoplasto.

Pectina

Está presente na parede primária, formando um gel hidratado entre a rede constituída pelas microfibrilas de celulose e pela hemicelulose. Corresponde entre 30% e 50% do peso seco das paredes primárias das eudicotiledôneas e apenas de 2% a 3% do peso seco das paredes primárias das monocotiledôneas.

Microfibrilas de celulose

Constituem o principal componente da parede primária, correspondendo de 20% a 30% do seu peso seco. São produzidas a partir dos complexos de celulose sintase, presentes na membrana plasmática. A constituição entrelaçada das microfibrilas confere uma resistência muito elevada. Assim que as microfibrilas são formadas, elas são fortemente ligadas por hemicelulose, enquanto a pectina interliga os polímeros.

Hemicelulose

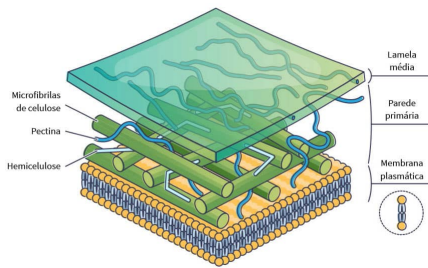
Polissacarídeos não celulósicos, que se ligam às microfibrilas por ligações de hidrogênio. Essa ligação microfibrilas-hemicelulose limita a extensibilidade da parede. Variam de acordo com o tipo de célula ou o grupo vegetal. As xiloglucanas são as principais hemiceluloses da parede primária das eudicotiledôneas e de metade das monocotiledôneas.

Proteínas solúveis ou glicoproteínas

Especialmente extensinas, que parecem estar ligadas ao enrijecimento da parede.

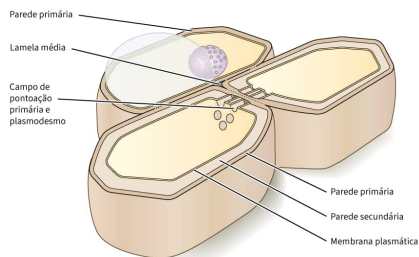
Compostos fenólicos

O principal composto tenólico encontrado na parede celular é a lignina, que prende fortemente as microfibrilas e hemicelulose, dando rigidez e resistência mecânica à parede.



Estrutura da parede celular.

As paredes primárias podem apresentar diferentes espessuras, dependendo do tecido que a célula constitui. O espessamento pode ser homogêneo ou heterogêneo. Apresentam regiões onde ocorre menor deposição de microfibrilas de celulose e, portanto, são mais finas. Essas regiões são denominadas **campos de pontoações** ou **campos de pontoação primária**. Nos campos de pontoação primária são observados diminutos canalículos revestidos por membrana plasmática, que atravessam a parede primária e a lamela média. Esses canalículos são denominados **plasmodesmos** e através deles passam projeções de retículo endoplasmático liso, conectando as células adjacentes. A ligação entre células vizinhas através dos plasmodesmos constitui o simplasto, por onde ocorre o movimento simplástico de água, íons e substâncias.



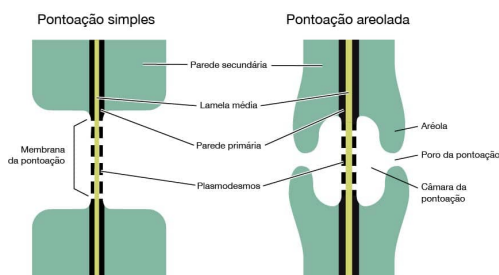
Esquema de células conectadas pelos plasmodesmos.

As **paredes secundárias** não estão presentes em todas as células, mas são sintetizadas em células especializadas como os elementos traqueais e as fibras, tipos celulares que apresentam força e rigidez, dando suporte mecânico ao tecido e ao corpo da planta. São constituídas principalmente de celulose, xilana, glucomanana e lignina.

Apresentam maior rigidez do que as paredes primárias, com 40% a 60% do seu peso seco representados pelas microfibrilas de celulose. Nas angiospermas, as xilanas são as hemiceluloses presentes; enquanto nas gimnospermas, as hemiceluloses são as glucomananas. As pectinas, geralmente, estão ausentes na parede secundária e as glicoproteínas e enzimas compõem uma parcela bem reduzida.

A parede secundária é produzida pelo protoplasto no final do crescimento celular e é depositada entre a membrana plasmática e a parede primária. Sua estrutura apresenta de duas a três camadas de fibrilas de celulose, cada uma orientada em direção distinta da outra. Essa organização proporciona maior resistência e rigidez. Essas camadas são denominadas S1, S2 e S3, de fora para dentro.

Enquanto a parede secundária vai sendo sintetizada e as fibras organizadas nas diferentes camadas, nos campos de pontoação primária não ocorrerá formação de parede secundária. Dessa maneira, a comunicação entre células adjacentes será mantida, por meio dos plasmodesmos preexistentes. Essas regiões são chamadas de **pontoações**. Podem ocorrer dois tipos de pontoações: **simples** e **areoladas**.



Esquemas de pontoações simples e areoladas.

Atenção

É importante notarmos que quando se fala que uma célula possui pontuações, deve ficar entendido que ela possui parede secundária; se dizemos que a célula tem campos de pontuação primária, deve ficar entendido que a célula possui parede primária.

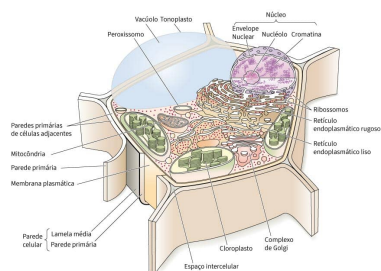
Protoplasto

É a região delimitada pela membrana plasmática, com matriz fluida denominada citoplasma. Nessa matriz, estão mergulhados o núcleo e, em constante **ciclo**, as organelas, os lipídios, os carboidratos e as proteínas. O citoplasma das células vegetais é reduzido, em relação ao citoplasma das células animais, por causa da presença de um grande vacúolo.

Você já conhece os componentes do protoplasto comuns às células vegetais e animais. Por isso, vamos detalhar os componentes que encontramos só nas células vegetais, fundamentais nos processos fisiológicos das plantas.

ciclo

Movimento de organelas em torno do núcleo.



Esquema de uma célula vegetal.

Núcleo

Delimitado por dupla membrana lipoproteica, armazena a maior parte do material genético da célula vegetal. A maioria das células vegetais contém um núcleo, mas as células dos laticíferos, por exemplo, apresentam vários núcleos.

Microcorpos

São duas organelas muito pequenas encontradas no citoplasma das células vegetais, chamadas peroxissomos e glioxissomos. Ambas desempenham funções específicas nas folhas e sementes, respectivamente.

- Os **peroxissomos** participam de reações que ocorrem nas folhas, em que estão associados às mitocôndrias e aos cloroplastos.
- Os **glioxissomos** são encontrados nas sementes oleaginosas e estão associados à germinação de sementes de amendoim (*Arachis hypogea*), girassol (*Helianthus annuus*) e coco-da-baía (*Cocos nucifera*).

Corpos oleaginosos

São também chamados de **esferossomos** ou **oleossomos**. São gotículas lipídicas esféricas, abundantes em frutos e sementes que armazenam lipídios, como azeitona e amendoim.

Ribossomos

São partículas desprovidas de membrana e estão dispersos no citoplasma, ou aderidos à membrana nuclear e do retículo endoplasmático. Também ocorrem em plastídios e mitocôndrias.

Mitocôndrias

São organelas menores do que os plastídios, delimitadas por dupla membrana lipoproteica. Internamente, apresentam um sistema de membranas denominado crista, mergulhado na **matriz mitocondrial**. As mitocôndrias têm seu próprio genoma e se autoduplicam. São o local onde ocorre a respiração celular.

Retículo endoplasmático (RE)

É uma extensa rede interna de dupla membrana lipoproteica, ligada à membrana nuclear. São observadas regiões tubulares e desprovidas de ribossomos, denominadas **retículo endoplasmático liso** (REL), e regiões achatadas, formando cisternas, denominadas **retículo endoplasmático rugoso** (RER). O REL é o principal local de síntese de lipídios de membranas e dos corpos oleaginosos, além de ser responsável pela formação dos plasmodesmos. O RER é responsável pela síntese de proteínas de membrana e proteínas que serão secretadas para fora da célula ou armazenadas no vacúolo.

Complexo de Golgi

É uma estrutura dinâmica formada por uma ou mais pilhas denominadas **corpo de Golgi** ou **dictiossomo**. Cada pilha é constituída de sacos achatados, ou cisternas e uma rede irregular de tubos e vesículas. Nas células vegetais, o complexo de Golgi desempenha importante função na síntese de polissacarídeos não celulósicos da parede celular (pectinas e hemicelulose). A mucilagem secretada por diferentes plantas, constituída de polissacarídeos ácidos, é dependente da atividade do complexo de Golgi.

Citoesqueleto

É composto nas células vegetais por **microtúbulos**, **microfilamentos** e **filamentos intermediários**. Os três tipos são constituídos de proteína filamentosa, diferindo na estrutura, na espessura e no comprimento.

Vacúolo

É delimitado por uma membrana lipoproteica, chamada tonoplasto. Armazena o **suco celular** ou **suco vacuolar**, constituído por água e diferentes componentes dissolvidos, que vão variar de acordo com a planta, o tecido, a célula ou o estado fisiológico de desenvolvimento da planta. No suco vacuolar podem ser encontrados: íons, ácidos orgânicos, açúcares e aminoácidos. É comum a formação de cristais, como oxalato de cálcio. Geralmente, os componentes do suco vacuolar são sintetizados em outras partes do citoplasma e acumulados dentro do vacúolo.

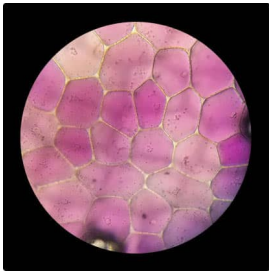
Curiosidade

O pH do suco vacuolar é ligeiramente ácido (5), mas vai depender da natureza das substâncias dissolvidas nele. O sabor azedo dos frutos cítricos, por exemplo, é por causa do suco vacuolar muito ácido.

Células meristemáticas ou em estágio de crescimento apresentam numerosos pequenos vacúolos, denominados provacúolos, que vão se fundindo conforme a célula vai crescendo e amadurecendo. Uma célula madura apresenta um só vacúolo, que pode ocupar até 90% do seu conteúdo citoplasmático. O vacúolo desempenha diferentes funções metabólicas, que vão depender do tecido em que a célula está.

As principais funções do vacúolo são:

- Controle osmótico.
- Armazenamento de ácidos orgânicos formados na primeira etapa da fotossíntese de plantas CAM.
- Digestão de organelas do citoplasma.
- Armazenamento de substâncias, como açúcares, metabólitos secundários e pigmentos, como as antocianinas e proteínas.



Vista frontal de epiderme de *Rhoeo discolor*.

Podemos observar a seguir as células de epiderme foliar de *Rhoeo discolor*, com o vacúolo completamente cheio de antocianina, que dá à célula a coloração rosa. Se observar com atenção, poderá ver os plasmodesmos como pequeninas pontes entre as células adjacentes.

Plastídios ou plastos

É nos plastídios que ocorre o processo metabólico mais importante das plantas: a fotossíntese. Essas organelas possuem um envoltório de dupla membrana e um sistema interno de membranas chamado **tilacoide**, mergulhado em uma matriz denominada **estroma**.

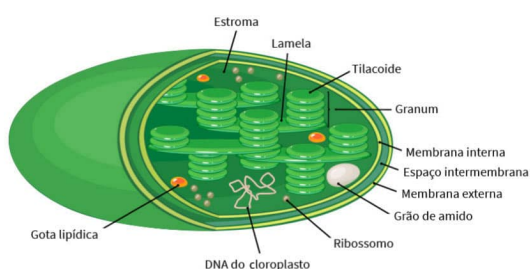
O grau de desenvolvimento do sistema tilacoide vai depender do tipo de plastídio.

Os plastídios possuem DNA próprio, responsável pela síntese de proteínas próprias do plastídio e pela sua duplicação. Os plastídios variam em forma, tamanho e organização da sua estrutura interna. São classificados em três grupos, de acordo com a presença de pigmentos ou o tipo de substância que armazenam: **cloroplastos**, **cromoplastos** e **leucoplastos**.

Os plastídios originam-se de **proplastídios**, que irão se diferenciar em um dos três tipos, dependendo do órgão e da função que este desempenhe. Após estarem maduros, os três tipos podem se interconverter entre si.

Cloroplastos

São organelas que possuem um sistema de membranas especializado na captura da energia luminosa e na sua transformação em energia química: as membranas tilacoide. Nelas, estão aderidos pigmentos que captam a energia luminosa do sol e dão início à fotossíntese. Dão coloração verde às plantas.



Esquema de um cloroplasto.

Os cloroplastos são capazes de armazenar amido recém-formado, até que seja translocado para o órgão de reserva. Veremos em detalhe a estrutura e a organização do aparato fotossintético no próximo módulo.

Cromoplastos

São plastídios que armazenam carotenoides, por isso proporcionam a coloração amarela, laranja ou vermelha de folhas, flores, frutos e algumas raízes. Como vimos, é comum a interconversão entre os diferentes tipos de plastídios maduros. No processo de senescência das folhas e da maturação dos frutos, os cloroplastos sofrem degradação da clorofila, acumulando carotenoides. Dessa maneira, as folhas e frutos perdem a cor verde e ganham coloração amarela, laranja ou vermelha. No caso da cenoura, o processo não envolve degradação de clorofila, mas a formação dos cromoplastos com acúmulo de carotenoides, uma vez que é um órgão subterrâneo e é necessário haver luz para a síntese de clorofila.

Observe na foto da polpa do tomate (*Lycopersicon esculentum*) a presença de cromoplastos de cor alaranjada ou avermelhada dentro das células, por causa da presença de carotenoides.



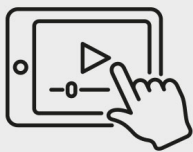
Células da epiderme de tomate ricas em carotenoide.



O papel ecológico dos cromoplastos

Neste vídeo, a especialista explica o que são os cromoplastos e carotenoides e a sua interação com a luz que leva à atração de polinizadores e de dispersores.

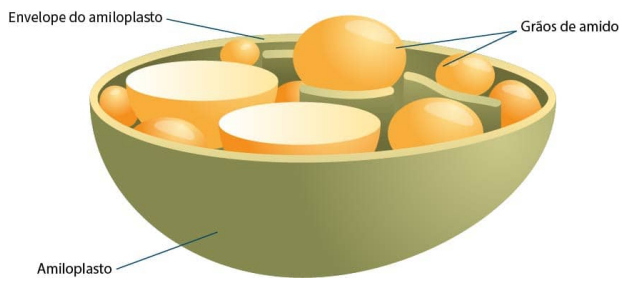
Para assistir a um vídeo sobre o assunto, acesse a versão online deste conteúdo.



Leucoplastos

São plastídios incolores, que têm função de armazenamento de diferentes substâncias, logo, seu sistema tilacoide é pouco desenvolvido. Os principais leucoplastos conhecidos são:

- **Amiloplastos** — armazenam amido em raízes e caules de reserva, principalmente.
- **Proteinoplastos** — armazenam proteínas.



Esquema da estrutura de um amiloplasto.

Falta pouco para atingir seus objetivos.

Vamos praticar alguns conceitos?

Questão 1

O amido é a principal reserva energética das plantas, sintetizado pelos cloroplastos na fotossíntese. Entre os metabólitos primários das plantas, ele é um

- A monossacarídeo.
- B polissacarídeo.
- C lipídio.
- D ácido graxo.
- E isopreno.

Parabéns! A alternativa B está correta.

O amido é um polímero de alfa-glicose, da classe dos carboidratos, logo, é um polissacarídeo.

Questão 2

Marque a opção com a palavra que corretamente preenche a lacuna da seguinte frase: As colorações amarela, laranja e vermelha de flores e frutos são originadas de organelas denominadas cromoplastos. Essas colorações são consequência da presença de _____ dentro dos cromoplastos.

- A clorofila a
- B clorofila b
- C clorofila c
- D carotenoide
- E isopreno

Parabéns! A alternativa D está correta.

A coloração amarela, alaranjada e avermelhada de flores, frutos, folhas e algumas raízes e caules é devida aos carotenoides presentes nos cromoplastos.



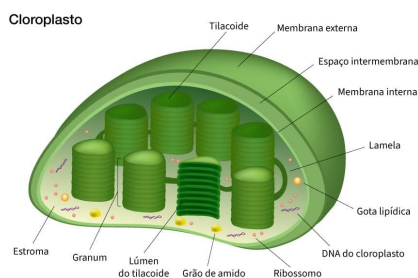
3 - A estrutura do aparato fotossintético, os fotorreceptores e as substâncias ergásticas

Ao final deste módulo, você será capaz de reconhecer o aparato fotossintético dos cloroplastos, os fotorreceptores e as substâncias ergásticas.

O cloroplasto e o aparato fotossintético

Os cloroplastos são responsáveis pela transformação da energia luminosa em energia química, por meio do processo de fotossíntese. O sistema tilacoide está diretamente relacionado com a captação e transferência de energia luminosa e o estroma, com a incorporação do carbono na molécula de açúcar. Os cloroplastos das plantas armazenam os pigmentos clorofilas *a* e *b*, além de carotenoides. Os cloroplastos são encontrados em todas as partes verdes das plantas, com concentração maior nas folhas, onde podem ser encontrados cerca de 500.000/mm². Os cloroplastos podem acumular amido de assimilação, além de aminoácidos e lipídios.

Vamos conhecer agora a organização do aparelho fotossintético e a estrutura dos seus componentes.



Esquema de um cloroplasto.



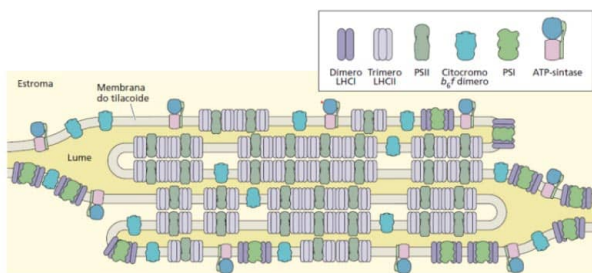
Na fase inicial da fotossíntese, ou fase fotoquímica, o aparelho fotossintético tem a função de captar a energia luminosa e promover um gradiente de prótons para formação de ATP e NADPH. Ele é constituído por complexos de proteínas integrais em regiões específicas das membranas tilacoides:

- Fotossistema I (PSI)
- Fotossistema II (PSII)
- Clorofilas
- Carotenoides
- Citocromo *b6f*
- ATP sintase

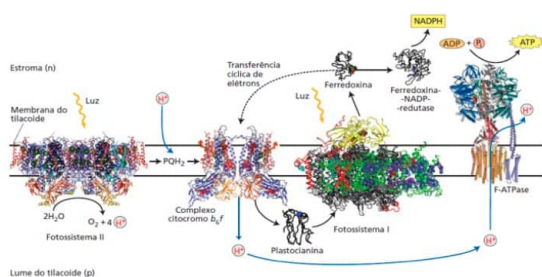
Fazem parte, também, proteínas carreadoras de elétrons e prótons:

- Plastoquinona — move-se através da membrana.
- Plastocianina — move-se no lúmen do tilacoide.
- Ferredoxina — move-se no estroma.
- Ferredoxina-NADP-redutase — move-se no estroma.

Observe nas figuras a distribuição dos complexos proteicos envolvidos na captação de luz e no transporte de elétrons na fase fotoquímica. Veja que os complexos proteicos não são distribuídos aleatoriamente, há uma organização na sua distribuição:



O PSII e seu trímero LHCII (proteínas do complexo de captação de luz II) localizam-se predominantemente nas membranas empilhadas, enquanto o PSI, seu dímero LHCI (proteínas do complexo de captação de luz I) e a ATP-sintase localizam-se na região não empilhada e na lamela estromal. O citocromo *b6f* está distribuído de forma regular, tanto na região empilhada quanto na não empilhada e estromal.



Movimento dos carreadores no transporte de elétrons e prótons, para formação de ATP e NADPH.

Nas angiospermas, os fotossistemas I e II consistem em duas regiões: um **complexo antena**, formado por 250 a 400 clorofilas e carotenoides, além de um **centro de reação**, formado por um complexo de proteínas e duas clorofilas a. O complexo antena capta, agrega e direciona a energia luminosa para o centro de reação. O PSI absorve luz na faixa do vermelho-distante, com comprimento de onda preferencialmente em 700nm, sendo denominado P700. O PSII absorve luz na faixa do vermelho, com comprimento de onda em 680nm, denominado de P680. O PSII capta cerca de 2/3 da energia luminosa, enquanto o PSI capta cerca de 1/3.

Com isso, vemos que clorofilas e carotenoides não estão aleatoriamente aderidos nas membranas, mas formando uma estrutura altamente organizada e especializada para a transformação de energia luminosa em energia química.

Organização dos complexos antenas na captação de energia luminosa.

Fitocromo e fotorreceptores de luz azul

No protoplasma das células vegetais, estão presentes importantes moléculas que têm atuação direta no desenvolvimento das plantas, desde a germinação das sementes até a abertura das flores; são os fotorreceptores. Eles controlam respostas do desenvolvimento induzidas pela luz, ou **fotomorfogênese**; são eles:

- **Fitocromos**
- **Criptocromos**
- **Fototropinas**
- **Zeaxantinas**

Fitocromos

São proteínas solúveis, formadas por um pigmento denominado cromóforo, que absorve a luz, e uma cadeia polipeptídica chamada apoproteína. São os mais estudados e estão envolvidos na maioria dos processos fisiológicos, tanto no desenvolvimento vegetativo quanto reprodutivo.

O fitocromo é encontrado nas plantas, em duas formas:



Fitocromo que absorve a luz vermelha, denominado **Pr** ou **Fv**.



Fitocromo que absorve a luz vermelha distante ou vermelha extrema, denominado **Pfr** ou **Fvd** ou **Fve**.

Os dois tipos de fitocromos são interconversíveis. Essa propriedade, chamada de **fotorreversibilidade** é dependente do comprimento de onda da luz absorvida pelos fitocromos: Fv absorve em 660nm e Fve absorve em 730nm. Fv e Fve também absorvem luz azul e geram respostas a ela. O Fve é uma forma bastante instável, embora seja a forma fisiologicamente ativa nas plantas.

Alguns exemplos de respostas induzidas pelos fitocromos na fotomorfogênese

- Promoção ou inibição do alongamento de entrenós em resposta às alterações de luminosidade/sombreamento.
- Germinação de sementes.
- Promoção do [desestiolamento](#).
- Movimentos [nictinásticos](#) de folhas de leguminosas.
- Indução ou inibição do florescimento — fotoperiodismo (dias longos e dias curtos).
- Ciclo circadiano — antese em flores noturnas, aberturas de estômatos, dobradura de folhas.
- Crescimento dos cotilédones.
- Produção de etileno.
- Expansão foliar — inibição do alongamento do caule.
- Síntese de antocianinas.

Desestiolamento

Redução na velocidade de crescimento exacerbado do caule, com a formação de clorofila.

Nictinásticos

Movimento das folhas em resposta à luz.

Fotorreceptores de luz azul

Criptocromos, fototropinas e zeaxantinas são fotorreceptores que percebem a quantidade e a direção da luz azul. Algumas das reações das plantas à luz azul, mediadas por esses fotorreceptores, são:

Movimentos dos cloroplastos nas células fotossintetizantes.

Fototropismo das plântulas.

Movimento das folhas em direção ao sol.

Inibição do alongamento do hipocótilo.

Estímulo à síntese de clorofilas e carotenoides.

Abertura dos estômatos.

Sobre os fotorreceptores de luz azul, é importante destacar que a zeaxantina está diretamente relacionada com a fisiologia de abertura dos estômatos. É um fotorreceptor que se acumula e age dentro dos cloroplastos das células-guarda epidérmicas.

Comentário

Embora alguns estudos tenham evidenciado o acúmulo de criptocromos no núcleo, a sua ação ocorre no citoplasma, assim como das fototropinas.

Substâncias ergásticas

Substâncias ergásticas ou inclusões celulares são produtos de reserva ou excreção, provenientes do metabolismo primário ou secundário, podendo atuar na defesa. Acumulam-se na parede celular, nos plastídios, no vacúolo ou no citoplasma.

Podem ser **orgânicas** ou **inorgânicas**, conforme a natureza química.

Amido

É um polímero de α -glicose, de conformação helicoidal, formando grãos com espaços intramoleculares, que facilitam a entrada de enzimas digestivas e do iodo, utilizado na identificação desses grãos em células e tecidos vegetais.

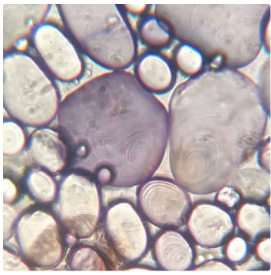
É encontrado na forma de grãos, produzidos nos cloroplastos e armazenados em amiloplastos nos tecidos parenquimáticos de órgãos de reserva, especialmente raízes, caules e sementes.

Os grãos se depositam em torno de um ponto central chamado hilo, formando camadas. Os grãos de diferentes espécies apresentam polimerização específica, permitindo sua utilização nas análises de adulteração de farinhas na indústria alimentícia e farmacêutica.

Os grãos de amido são facilmente corados com solução de lugol ou água iodada.



Grãos de amido de feijão.



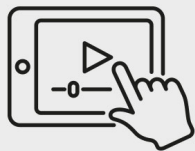
Grãos de amido de batata inglesa.



Reconhecendo os grãos de amido nas diferentes farinhas

Neste vídeo, a especialista mostrará as características de diferentes grãos de amido e como diferenciá-los.

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

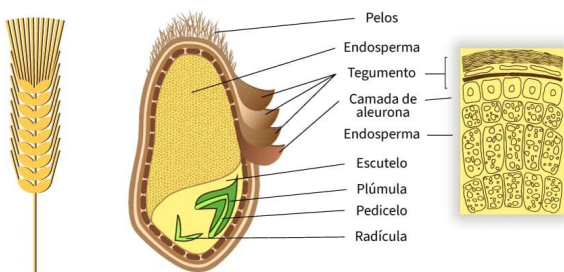


Inulina

A inulina é um polímero de frutose, armazenado nos vacúolos celulares de diversas espécies, especialmente na cebola e chicória, mas também em alguns cereais. Em humanos, é importante na reabsorção de cálcio. Na indústria alimentícia, tem substituído as gorduras e os açúcares.

Aleurona

Grãos proteicos de forma definida ou amorfos, armazenados no vacúolo das células. São encontrados sob a casca da batata inglesa e em sementes de abóbora, linho, mostarda, frutos de erva-doce e funcho. A aleurona diminui a calciúria, sendo recomendada nas hipercalcúrias e litíases renais. Durante a germinação, a camada de aleurona estimula a produção de α -amilase, que digere o amido, liberando glicose para ser absorvida pelo embrião no seu desenvolvimento.



Estrutura do grão do trigo, rico em aleurona.

Óleos e gorduras

São substâncias semelhantes, sendo as gorduras sólidas e os óleos líquidos. Ocorrem principalmente nas sementes. Ceras, cutina e suberina são exemplos de gordura e ocorrem dentro e sobre a parede celular. Gotículas líquidas de óleo encontram-se dispersas no citoplasma ou dentro de plastídios ou vacúolos. As gorduras atuam principalmente na impermeabilização da parede celular, enquanto os óleos são reservas energéticas.

Os óleos podem ser **fixos** ou **voláteis (essenciais)**.

Óleos fixos

São a principal reserva energética de muitas sementes e frutos, sendo utilizados na alimentação (amendoim, soja, oliva) ou na fabricação de cosméticos e medicamentos.

Óleos essenciais

Têm função importante na atração de polinizadores. São empregados na produção de cosméticos, principalmente.

Cristais de oxalato de cálcio

Com presença majoritária nas plantas, esses cristais apresentam uma variedade de formas que contribuem para a identificação de grupos taxonômicos. Podem ocorrer vários por célula ou um só.

As formas mais comuns são:

Prismas retangulares ou
piramidais



Ráfides

Estiloides



Drusas



Encontramos mais comumente as drusas, que são cristais grandes e solitários soltos dentro da célula, e as ráfides, que são aglomerados de cristais em forma de agulha.

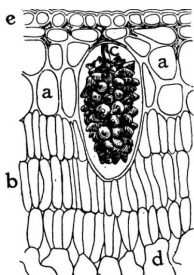
Curiosidade

Os cristais de oxalato de cálcio estão associados com eventos de envenenamento por plantas.

Cristais de carbonato de cálcio

Os cristais de carbonato de cálcio são depósitos especiais, denominados cristólitos. São cristais solitários dentro da célula, presos por um pedúnculo à parede celular.

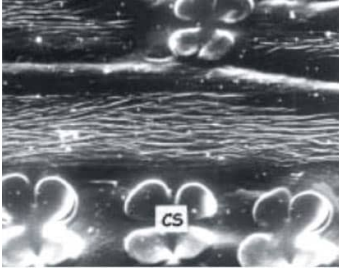
Células epidérmicas que armazenam cristólitos são chamadas litocistos. Os cristólitos também têm valor taxonômico, pela sua localização e forma.



Cristal de carbonato de cálcio em célula de *Ficus elastica*.

Cristais de sílica

Entre as plantas com semente, as espécies de Poaceae (gramíneas) são o grupo no qual ocorre maior depósito de cristais de sílica. É uma característica diagnóstica de espécies dessa família.



Corpos silicosos (CS) em folhas de *Axonopus scoparius* (Poaceae).

Os corpos silicosos ocorrem principalmente no citoplasma de folhas, raízes, frutos e sementes. Têm função de proteção contra o ataque de fungos e insetos.

Falta pouco para atingir seus objetivos.

Vamos praticar alguns conceitos?

Questão 1

A estrutura organizada responsável pela captura e pelo direcionamento de energia luminosa nos cloroplastos é

- A o lúmen do tilacoide.
- B o estroma.
- C o complexo antena.
- D o centro de reação.
- E a lamela estromal.

Parabéns! A alternativa C está correta.

Toda a energia que chega até as membranas tilacoides é capturada pelo complexo antena, por meio de seus pigmentos: clorofilas e carotenoides. A energia capturada é conduzida até o centro de reação, onde começa a cadeia transportadora de elétrons.

Questão 2

As ráfides são substâncias ergásticas produzidas pelas células vegetais que têm sido associadas à ação tóxica de muitas plantas, entre elas a *Dieffenbachia* sp. (comigo-ninguém-pode). Marque a opção com o tipo correto de substância ergástica das ráfides.

- A Cristais de carbonato de cálcio
- B Cristais de oxalato de cálcio
- C Cristais de sílica
- D Grãos de aleurona

E Grãos de inulina

Parabéns! A alternativa B está correta.

As ráfides são um tipo de cristal de oxalato de cálcio, substância ergástica inorgânica.

Considerações finais

Vimos que o microscópio é o equipamento fundamental para os estudos anatômicos das plantas. Porém, estudamos que, para termos material de qualidade satisfatória para as observações adequadas de amostras anatômicas, é preciso empregar as técnicas corretas de coleta, fixação, conservação, corte, coloração e montagem das lâminas. Sem isso, o emprego do melhor microscópio não vai compensar.

Aprendemos que a célula é uma máquina bioquímica, tanto na sua constituição quanto na sua produção. No seu metabolismo primário, sintetiza as moléculas essenciais para a sua existência e para a vida das plantas. No seu metabolismo secundário, as plantas produzem compostos químicos em resposta às pressões do ambiente e para auxiliá-la na reprodução, por exemplo.

Conhecemos a complexa maquinaria fotossintética das células vegetais, que executa um trabalho coordenado entre seus diferentes complexos e carreadores, para que toda a vida no planeta possa existir. Conhecemos também o desenvolvimento comandado pela luz por causa da ação de fotorreceptores especializados.

Por fim, vimos que as células vegetais possuem em seus compartimentos exclusivos substâncias que desempenham funções diversas no organismo da planta e ainda auxiliam na identificação de grupos taxonômicos e, assim, aprendemos um pouco mais sobre a vida das plantas a partir das estruturas das suas células.



Podcast

Neste podcast, a especialista irá abordar a ação do fitocromo na floração de flores noturnas e de plantas de dias curtos e longos.

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



Referências

AGUIARA, A. T. C.; VEIGA JÚNIOR, V. F. da. **O jardim venenoso**: a química por trás das intoxicações domésticas por plantas ornamentais. Química Nova, v. 44, n. 8, p. 1093-1100, 2021.

AZEVEDO, A. A. *et al.* **Anatomia das Espermatófitas**: material de aulas práticas. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2004.

KRAUS, J. E. *et al.* **A célula vegetal**. In: APPEZZATO-DA-GLORIA, B.; CARMELLO GUERREIRO, S.M. (Eds.). *Anatomia Vegetal*. 2. ed. rev. e atual. Viçosa, MG: UFV, 2006, p. 31-86.

MOURA, C. W. do N.; KRAUS, J. E.; CORDEIRO-MARINHO, M. **Metodologia para obtenção de cortes histológicos com historresina e coloração com azul de toluidina para algas coralináceas** (Rhodophyta, Corallinales). *Hoehnea*, v. 24, n. 2, p. 17-27, 1997.

RAVEN, P. H; EICHHORN, S. E.; EVER, R. F. **Biologia vegetal**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

RUDALL, P. **Anatomy of flowering plants** – an introduction to structure and development. New York: Cambridge University Press, 2007, 159 p.

SILVA, L. M.; ALQUINI, Y. **Anatomia comparativa de folhas e caules de *Axonopus scoparius* (Flügge) Kuhl. e *Axonopus fissifolius* (Raddi) Kuhl. (Poaceae)**. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 26, n. 2, p.185-192, jun. 2003.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

ZHONG, R.; CUI, D.; YE, Z-H. **Secondary cell wall biosynthesis**. *New Phytologist*, v. 221, n. 4, p. 1703, mar. 2019.

Explore +

Busque o texto on-line **Microscopia**, de Vinicius Anelli, e confira o que o professor Helder Teixeira diz sobre o assunto, no portal Casa da Ciência.