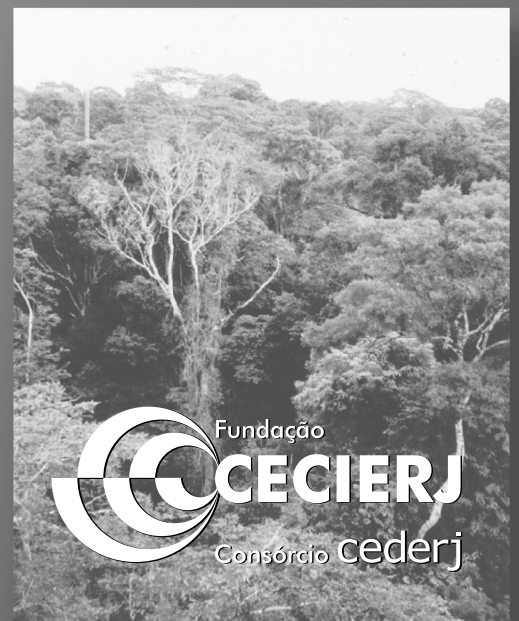
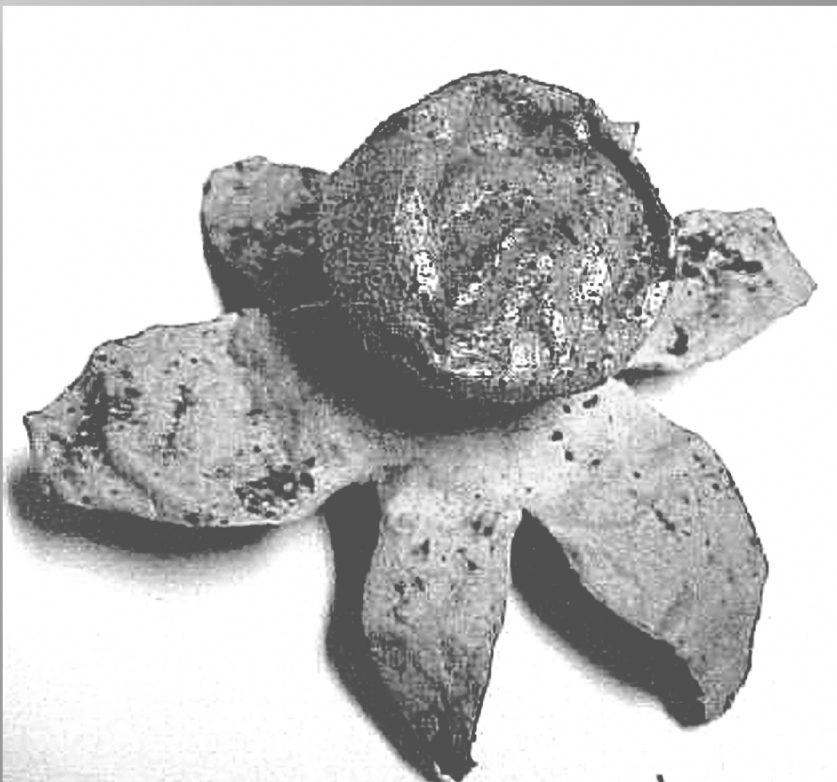
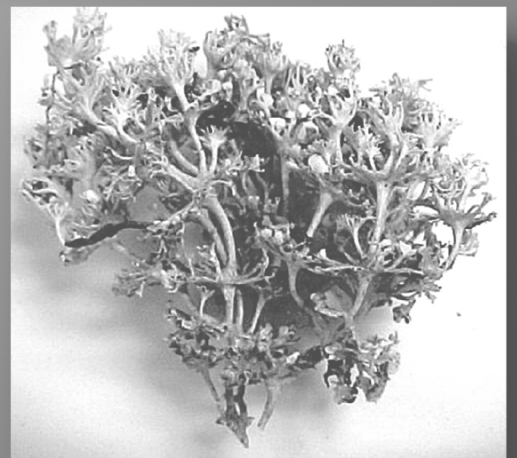


Anaíze Borges Henrique
Cátia Henriques Callado
Cecília Maria Rizzini
Fernanda Reinert
Maura Da Cunha
Yocie Yoneshigue Valentin

Botânica I





Fundação

CECIERJ

Consórcio **cederj**

Centro de Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro

Botânica I

Volume 1 - Módulos 1 e 2
3ª edição

Anaíze Borges Henrique
Cátia Henriques Callado
Cecília Maria Rizzini
Fernanda Reinert
Maura Da Cunha
Yocie Yoneshigue Valentin



GOVERNO DO
Rio de Janeiro

SECRETARIA DE
CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Ministério
da Educação



Apoio:



Fundação Cecierj / Consórcio Cederj

Rua Visconde de Niterói, 1364 – Mangueira – Rio de Janeiro, RJ – CEP 20943-001

Tel.: (21) 2299-4565 Fax: (21) 2568-0725

Presidente

Masako Oya Masuda

Vice-presidente

Mirian Crapez

Coordenação do Curso de Biologia

UENF - Milton Kanashiro

UFRJ - Ricardo Iglesias Rios

UERJ - Cibele Schwanke

Material Didático

ELABORAÇÃO DE CONTEÚDO

Anaíze Borges Henrique

Cátia Henriques Callado

Cecília Maria Rizzini

Fernanda Reinert

Maura Da Cunha

Yocie Yoneshigue Valentin

CONVIDADA:

Cristina Aparecida Gomes Nassar

COORDENAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO

INSTRUCIONAL E REVISÃO

Cristine Costa Barreto

DESENVOLVIMENTO INSTRUCIONAL E

REVISÃO

Nilce P. Rangel Del Rio

Marcia Pinheiro

REVISÃO TÉCNICA

Marta Abdala

Departamento de Produção

EDITORA

Tereza Queiroz

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Jane Castellani

REVISÃO TIPOGRÁFICA

Jane Castellani

Kátia Ferreira dos Santos

Sandra Valéria Oliveira

COORDENAÇÃO DE

PRODUÇÃO

Jorge Moura

PROGRAMAÇÃO VISUAL

Andréa Dias Fiães

Alexandre d'Oliveira

Katy Araújo

COORDENAÇÃO DE

ILUSTRAÇÃO

Eduardo Bordoni

ILUSTRAÇÃO

Equipe CEDERJ

CAPA

Morvan de Araújo Neto

PRODUÇÃO GRÁFICA

Andréa Dias Fiães

Fábio Rapello Alencar

Copyright © 2005, Fundação Cecierj / Consórcio Cederj

Nenhuma parte deste material poderá ser reproduzida, transmitida e gravada, por qualquer meio eletrônico, mecânico, por fotocópia e outros, sem a prévia autorização, por escrito, da Fundação.

H519b

Henrique, Anaíze Borges.

Botânica 1.v.1 / Anaíze Borges Henrique. – Rio de Janeiro : Fundação CECIERJ, 2008.

243p.; 19 x 26,5 cm.

ISBN: 85-7648-039-5

1. Seres autotróficos. 2. Ecossistemas aquáticos. 3. Ecossistemas terrestres. 4. Fungos. 5. Algas. I. Callado, Cátia H. II. Rizzini, Cecilia Maria. III. Reinert, Fernanda. IV. Cunha, Maura Da. V. Valentin, Yocie Yoneshigue. VI. Título.

CDD: 581

2008/1

Referências Bibliográficas e catalogação na fonte, de acordo com as normas da ABNT.

Governo do Estado do Rio de Janeiro

Governador
Sérgio Cabral Filho

Secretário de Estado de Ciência e Tecnologia
Alexandre Cardoso

Universidades Consorciadas

**UENF - UNIVERSIDADE ESTADUAL DO
NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO**
Reitor: Almy Junior Cordeiro de Carvalho

**UERJ - UNIVERSIDADE DO ESTADO DO
RIO DE JANEIRO**
Reitor: Nival Nunes de Almeida

UFF - UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
Reitor: Roberto de Souza Salles

**UFRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL DO
RIO DE JANEIRO**
Reitor: Aloísio Teixeira

**UFRRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL
DO RIO DE JANEIRO**
Reitor: Ricardo Motta Miranda

**UNIRIO - UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO
DO RIO DE JANEIRO**
Reitora: Malvina Tania Tuttman

SUMÁRIO**Módulo 1**

Aula 1 – Os seres autotróficos e o ambiente em que vivem	7
Aula 2 – Ecossistemas aquáticos	31
Aula 3 – Ecossistemas terrestres	35
Aula 4 – A diversidade do reino dos fungos	39
Aula 5 – A célula vegetal	57
Aula 6 – Meristemas	75
Aula 7 – Organização dos tecidos vegetais em sistemas: sistema de revestimento	87
Aula 8 – Sistema fundamental	99
Aula 9 – Sistema vascular – xilema	115
Aula 10 – Sistema vascular – floema	131
Aula 11 – (Prática) - Células e tecidos vegetais	143

Módulo 2

Aula 12 – A vida aquática: adaptações morfológicas e fisiológicas dos organismos aquáticos fotossintetizantes	151
Aula 13 – A vida aquática: níveis de organização do talo (Morfologia, Anatomia e Fisiologia)	161
Aula 14 – A vida terrestre: níveis de organização das Briófitas e das Vasculares sem sementes (adaptações morfológicas, anatômicas e fisiológicas)	177
Aula 15 – Algas – Aula de Campo – Guia de Trabalhos de Campo	193
Aula 16 – Briófitas e Pteridófitas – Aula de Campo – Guia de Trabalhos de Campo	197
Aula 17 – Níveis de organização da parte vegetativa das plantas vasculares com sementes (Gimnospermas e Angiospermas)	201
Gabarito	229
Referências	239

Os seres autotróficos e o ambiente em que vivem

AULA

1

objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Conhecer a diversidade dos seres fotossintetizantes no ambiente aquático e terrestre.
- Perceber as plantas e os animais que possuem muitas diferenças essenciais entre si.
- Identificar as principais diferenças entre os ecossistemas brasileiros.
- Conhecer a distribuição dos grupos taxonômicos nos diferentes biomas.

Pré-requisitos

Para um melhor entendimento desta aula, o aluno deverá rever as disciplinas:

- Diversidade dos Seres Vivos
- Elementos de Ecologia e Conservação

ECOSSISTEMA

“Significa um complexo dinâmico de comunidades vegetais, de animais e de microorganismos e o seu meio inorgânico que interagem como uma unidade funcional” (Convenção sobre Diversidade Biológica, 1992).

PAISAGEM

Paisagem é tudo que a nossa vista alcança, como o mar, a floresta e a montanha, incluindo a ocupação do Homem. Ou, nas palavras de Rougerie (1971), paisagem “representa a relação dinâmica entre os relevos naturais ou regiões fisiográficas e os grupos culturais humanos e as eventuais perturbações por ele efetuadas, ou seja, constitui um todo, percebido através de vários sentidos”.

SERVIÇOS DO ECOSSISTEMA

“Consistem no fluxo de materiais, energia e informação dos estoques de capital natural que se combinam com serviços de capital humano e manufaturado para produzir bem-estar humano” (Primeiro Relatório Nacional para a Convenção sobre Diversidade Biológica, 1998).

INTRODUÇÃO

Tudo que nos cerca – plantas, animais, rios, praias, pedras – compõe a natureza. São os seres vivos e minerais que formam os diferentes **ECOSSISTEMAS** e **PAISAGENS**. Quando você observa uma abelha pousando de flor em flor, um fruto amadurecendo ou o desabrochar de uma rosa, percebe que está diante da vida. Você já estudou na disciplina Diversidade dos Seres Vivos que existem milhões de espécies no Planeta. Em Botânica I, você verá, mais detalhadamente, quem são e como funcionam os seres autotróficos.

A multiplicidade de vida existente no mundo é o que chamamos de **Diversidade Biológica** ou **Biodiversidade**. Ela compreende a variedade de genes e espécies encontrada na flora e na fauna, incluindo os microorganismos, e também as funções ecológicas desempenhadas por tais organismos nos respectivos ecossistemas – os chamados **SERVIÇOS DO ECOSSISTEMA** que tanto beneficiam o Homem e todas as outras espécies. Os bens e serviços essenciais de nosso planeta dependem dessa variedade. Assim, os recursos biológicos são essenciais para manutenção da complexidade dos sistemas naturais e humanos, como alimentação, vestuário, habitação, remédios etc.

O Brasil é considerado o país de maior biodiversidade, contando com um número estimado entre 10 e 20% do total de espécies do planeta (mais de 2.000.000), entre os 17 países que reúnem em seus territórios 70% das espécies animais e vegetais (*Relatório da Conservation International - Mittermeier et al.*, 1997). São eles: Brasil (1º), Indonésia (2º), Colômbia (3º), México (4º), Austrália (5º), Madagascar (6º), China (7º), Filipinas (8º), Índia (9º), Peru (10º), Papua Nova Guiné (11º), Equador (12º), Estados Unidos (13º), Venezuela (14º), Malásia (15º), África do Sul (16º), República Democrática do Congo (17º).

O número total de espécies vegetais descritas é de aproximadamente 250.000. No entanto, sabemos que esse número é subestimado, já que ainda faltam muitas espécies a ser descritas e a ter sua classificação revisada.

Os organismos que obtiveram maior sucesso foram os que desenvolveram um sistema capaz de usar a luz solar, propiciando o processo da fotossíntese. Tais organismos são denominados autotróficos, isto é, que geram seu próprio alimento. Esse fato só ocorre com os seres que possuem clorofila a, o pigmento comum às plantas, às algas e às cianobactérias.

Os organismos podem ser caracterizados como autotróficos ou heterotróficos; os autotróficos fixam o CO₂ do ar, utilizando a energia da luz solar (fotoautotróficos) ou a energia da oxidação de substâncias orgânicas, como os carboidratos e ácidos graxos, (quimioautotróficos); já os heterotróficos obtêm os átomos de carbono de substâncias orgânicas, utilizando a energia da luz solar (fotoeterotróficos) ou os átomos e a energia das substâncias orgânicas (quimioeterotróficos).

- **Fotoautotróficos:** bactérias sulfurosas púrpuras, ciano-bactérias, clamidomonas, algas multicelulares e plantas;

- **Quimioautotróficos:** algumas bactérias e archeas;

- **Fotoeterotróficos:** bactérias não-sulfurosas púrpura;

- **Quimioeterotróficos:** fungos e animais em geral.

Até a metade do século XX, os seres vivos eram classificados em apenas duas categorias: Reino Vegetal e Reino Animal. Com o progresso da biologia, a classificação se ampliou para incluir organismos primitivos que não têm características específicas só de animais ou só de vegetais. Então surgiu, na década de 1960, a classificação que dividia os organismos em cinco Reinos: *Monera* (procarionte e unicelular), *Protista* (eucarionte e unicelular), *Fungi*, *Plantae* e *Animalia*. O critério internacionalmente aceito atualmente divide os organismos em três Domínios: *Bacteria*, *Archea* (ambos procariontes) e *Eukarya* (eucarionte). As cianobactérias, por exemplo, pertencem ao Domínio *Bacteria*. As Archeas são freqüentes em fundas vulcânicas, onde estão sujeitas à alta temperatura e acidez. O Domínio *Eukarya*, por sua vez, é dividido em quatro Reinos: *Protista*, *Fungi*, *Plantae* e *Animalia*. Note que, na classificação atual, o Reino Protista inclui organismos pluricelulares, como as algas vermelhas ou as marrons, enquanto na anterior incluía apenas os unicelulares. E, finalmente, o Reino *Plantae* é dividido em: Briófitas, Pteridófitas, Gimnospermas e Angiospermas.

Primeiros habitantes do planeta Terra, os **PROCARIONTES** não possuem núcleo organizado e o material hereditário é constituído por ácido nucléico disperso no citoplasma. Na célula **EUCARIÔNTICA**, o material genético está organizado nos cromossomos, dentro do núcleo; ou seja, o núcleo é constituído pelo DNA circundado por uma membrana. Externamente a esse núcleo, encontramos o citoplasma, rico em ribossomos, como você já viu nas aulas de Diversidade dos Seres Vivos. O aparecimento das células eucariônticas ocorreu após vários eventos que originaram diferentes tipos de células mais complexas.

Os vocábulos **PROCARIONTES** e **EUCARIONTES** são derivados da palavra grega *karyon*, que significa “miolo” (núcleo). O termo procarionte (procarionte) significa “antes do núcleo” e eucarionte (eu-carionte) “verdadeiro núcleo”.

Os organismos fotossintetizantes, ou seja, que possuem clorofila **a**, caracterizam-se por serem autotróficos e portadores de células revestidas por uma parede celulósica. Exemplos:

- Cianobactérias (ou algas azuis): procariontes unicelulares
- *Chlamydomonas* (alga microscópica): eucarionte unicelular
- *Ulva sp* (algas macroscópicas): eucarionte pluricelular
- *Caesalpinia echinata* (pau-brasil): eucarionte pluricelular

DIVERSIDADE DOS ORGANISMOS FOTOSSINTETIZANTES

Existe uma grande variedade entre os organismos fotossintetizantes. Por exemplo, há variedades:

- de **formas**: conta com os mais diferentes tipos morfológicos, como esféricos e foliáceos;
- de **tamanhos**: existe desde unicelulares, com tamanho de poucos milésimos de milímetro, até as sequóias, medindo até 100m de comprimento, e eucaliptos gigantes;
- de **cores**: verde, verde azulado, amarelo pardacento e vermelho.

Toda essa diversidade vegetal atualmente é produto da evolução. Portanto, ela evidencia a transformação dos seres vivos que ocorre ao longo de centenas de milhões de anos, por meio de processos de mutação, de recombinação genética e de seleção natural. Apesar de nos dias atuais considerarmos que a Terra é detentora de alta diversidade de seres clorofilados, nada é comparável à vegetação de épocas remotas e que já não mais existe. É o caso das samambaias e cavalinhas gigantes (Pteridófitas), que sobreviveram apenas algumas dezenas de milhões de anos. Os primeiros organismos capazes de quebrar a molécula de água na fase clara da fotossíntese (veja Bioquímica II e a Aula 28 desse livro) foram as bactérias sulfurosas, que se encontram fossilizadas em formações chamadas estromatólitos. Essas bactérias são ancestrais das cianobactérias, que persistem por mais de três bilhões de anos e que também podem formar estromatólitos em águas muito salgadas.

OS ORGANISMOS FOTOSSINTETIZANTES NO AMBIENTE AQUÁTICO

A vida na água teve início, talvez, dois bilhões de anos antes de a Terra ser colonizada. A antiguidade da vida aquática é refletida na grande diversidade das categorias taxonômicas mais abrangentes, principalmente no meio marinho, tanto de protistas como de plantas e animais, embora nestes últimos, a diversidade seja maior. Se você já visitou um costão rochoso, deve ter verificado que existem diferentes organismos como: corais, flores de pedra (anêmona), cracas, mexilhões, ouriços, estrelas do mar, camarões, caranguejos; e ainda, no mar: peixes, tubarões, tartarugas, baleias, que pertencem a diferentes categorias taxonômicas. Contudo, essa alta diversidade de grupos não acontece com as algas e as plantas, que são os organismos fotossintetizantes marinhos: eles são menos diversos e apresentam cores variadas, desde verdes, amarronzados e vermelhos, com diferentes formas. Essas características os dividem em diferentes categorias taxonômicas. As algas e as plantas desempenham um papel importante como produtores primários, isto é, elas liberam O_2 para o meio e sintetizam a matéria orgânica. Por outro lado, apesar de o ambiente terrestre ser relativamente dominado por poucos grupos taxonômicos, ele é dotado de uma grande riqueza a nível específico, principalmente nas Angiospermas.

A especiação no meio marinho é constituída por táxons com alta capacidade dispersiva. Essa capacidade de dispersão de um organismo fotossintetizante (algas e “grama marinha”) está ligada diretamente a fatores ambientais como temperatura, luz, nutrientes, substrato e movimento da água (correntes, ondas e marés), entre outros, e também às características intrínsecas de cada espécie, que podem ser enumeradas como:

- comportamento reprodutivo;
- tempo de viabilidade
 - dos gametas
 - dos propágulos
 - dos indivíduos adultos vivendo na coluna d’água (ex. plâncton).

Aliado a isso, para que essa dispersão se efetue em fluxo gênico, é necessário que os novos indivíduos sejam capazes de sobreviver até a fase adulta. Supõe-se que a hipótese de a vida ter se iniciado no mar é devida às condições físico-químicas que foram mantidas mais estáveis ao longo do tempo geológico, do que às condições do ambiente terrestre.

OS ORGANISMOS FOTOSSINTETIZANTES NO AMBIENTE TERRESTRE

Por certo que a vida no ambiente aquático é completamente diferente e exige adaptações estruturais, fisiológicas e reprodutivas. O surgimento de vasos condutores promoveu a conquista do ambiente terrestre pelos vegetais; a produção de sementes pelas plantas superiores representou um avanço no processo de dispersão. Também a proteção das sementes pelo fruto foi outro passo importante no caminho evolutivo, tornando as Angiospermas os vegetais mais bem-sucedidos do planeta Terra.

As plantas terrestres dividem-se em quatro grandes grupos: Briófitas, Pteridófitas, Gimnospermas e Angiospermas. Dentre eles, as Angiospermas são as mais numerosas, economicamente mais importantes e dominam praticamente todos os ecossistemas terrestres. Os demais grupos são bem menores, menos abundantes e geralmente menos importantes economicamente, embora as Gimnospermas tenham um significativo valor como fonte de madeira.

Mais recentemente, alguns autores tendem a dividir essas plantas em pelo menos 12 subgrupos diferentes: Briófitas (Anthoceroephyta, Hepatophyta, Bryophyta); Pteridófitas (Sphenophyta, Psilophyta, Lycopodophyta, Filicinophyta); Gimnospermas (Coniferophyta, Cycadophyta, Ginkgophyta, Gnetophyta) e Angiospermas (Magnoliophyta).

As **Briófitas**, geralmente, são descritas como plantas avasculares, mas algumas espécies têm tecidos condutores no caule, ainda que, em estrutura, esses tecidos não sejam idênticos aos das plantas vasculares. Em termos evolutivos, as Briófitas formam um elo entre as plantas terrestres e as algas, embora se acredite que elas não sejam ancestrais diretos das demais plantas terrestres, e sim uma linha ou conjunto de linhas evolutivas independentes. O grupo das Briófitas é composto de plantas relativamente pequenas e delicadas, que preferem ambientes úmidos e sombreados.

Tipicamente, são epífitas ou formam pequenas touceiras ou camadas finas na superfície do solo e raramente atingem tamanhos além de alguns centímetros de altura. As Briófitas são de pequena importância econômica, mas possuem grande interesse por serem valiosos indicadores ecológicos, muito sensíveis a pequenas mudanças nas condições ambientais, especialmente como indicadores de poluição.

As **Pteridófitas** são predominantemente plantas herbáceas. Elas variam desde pequenas ervas epífitas ou aquáticas, até formas arbórescentes que podem atingir mais de quatro metros de altura. São plantas vasculares como as Gimnospermas e Angiospermas. No decorrer dessa disciplina, veremos os diferentes tipos de sistema vascular que existem nesses grupos. Em termos econômicos, o grupo, geralmente, não tem grande importância, porém, constitui uma parte fundamental da vegetação em muitas regiões e são determinantes também em termos de estudos morfológicos e filogenéticos, pois representam um nível de organização e um tipo de ciclo de vida ancestral aos outros grupos de plantas terrestres.

As **Gimnospermas** são, em grande parte, arbóreas, embora algumas espécies que ocorrem no Brasil sejam trepadeiras ou quase herbáceas. Em comum com as Angiospermas, as Gimnospermas produzem sementes, porém, são produzidas nuas, em cima de estruturas escamosas, que geralmente se agrupam em estróbilos; no entanto, elas não formam flores dentro do padrão das Angiospermas. As Gimnospermas têm grande importância econômica como fonte de madeira; no Brasil, pode-se citar, como exemplos de Gimnospermas, a espécie nativa *Araucaria angustifolia* e espécies introduzidas do gênero *Pinus*.

O grupo das **Angiospermas** é o maior e, economicamente, mais importante grupo de plantas. Inclui praticamente todas as plantas cultivadas, e é dominante em quase todos os ambientes terrestres, formando a maior parte da vegetação visível. É também o grupo mais numeroso em termos de espécies. As Angiospermas são utilizadas como alimentos, madeira, fármacos, ornamentos etc. e têm inestimável importância ecológica. Apesar de o ciclo de vida das Angiospermas ser parecido com o das Gimnospermas, ele difere deste último grupo por possuir os óvulos dentro do ovário. Existem mais algumas diferenças, em relação à estrutura anatômica e morfologia externa, como veremos no decorrer desta disciplina e da Botânica II.

EUCARIOTOS: SEMELHANTES ATÉ QUE PONTO?

As plantas diferem dos animais em vários aspectos. Vamos começar refletindo sobre a função do coração. Ele é basicamente um músculo responsável pelo bombeamento do sangue, para que ele percorra todos os pontos do corpo do animal. Mas em se tratando de plantas, logo nos damos conta de que elas não possuem nada semelhante. Então, a pergunta imediata é: como as plantas fazem para que a água e os nutrientes que se encontram no solo cheguem a todas as suas partes? Ou, ainda, como fazem para que os açúcares, formados nas folhas pelo processo da fotossíntese, cheguem tanto às flores quanto às raízes, mesmo que se trate de uma árvore da Amazônia de 40m de altura?

Vamos a uma outra comparação: os animais possuem um sistema nervoso, que é o responsável pela transmissão de um estímulo do ambiente de qualquer parte do corpo para o centro nervoso, determinando a ocorrência de certa reação. Novamente, em relação às plantas, sabe-se que elas não possuem nenhum órgão equivalente ao sistema nervoso. Então, pergunta-se, como elas interagem com o ambiente? Como sabem que há água no ambiente, se é dia ou noite ou, ainda, que a raiz deve crescer para baixo e o caule para cima?

Talvez você já tenha pensado também no sistema de sustentação do corpo dos animais terrestres. Eles precisam de um endo ou exoesqueleto para sustentar suas partes moles. Já as plantas, principalmente as árvores, têm um enorme corpo para manter ereto, ainda que não haja um esqueleto para desempenhar essa função!

Existe ainda o aspecto da proteção contra outros seres vivos ou contra adversidades do meio ambiente. Os animais, em geral, fogem de uma situação pouco favorável. Por exemplo, se o sol está muito forte ou se há pouca água, eles saem em busca de sombra ou de uma fonte de água. Mas, e as plantas? Elas são organismos sésseis, porém, estão igualmente sujeitas ao excesso ou à falta de luz, à falta d'água ou ao ataque de predadores. Como, então, as plantas se protegem sem saírem do lugar?

As plantas possuem a capacidade de garantir a variabilidade genética através dos diversos mecanismos de locomoção dos gametas masculino e feminino, ainda que elas, como um todo, em geral, não saiam do lugar. E tem mais: diferente da maior parte dos animais, as plantas possuem a capacidade de regenerar qualquer parte do corpo a partir de uma outra parte. A isso chamamos de **TOTIPOTÊNCIA!**

TOTIPOTÊNCIA

É a capacidade que possuem as células vegetais, mesmo as diferenciadas, de reter todas as informações genéticas necessárias para o desenvolvimento de uma planta completa. A exceção são as células que perdem o núcleo, como as do xilema.

Você já havia se perguntado sobre isso? Pois será durante as disciplinas de Botânica que você verá essas perguntas e muitas outras serem respondidas. Vejamos, agora, um pouco dos ambientes nos quais estão distribuídas as plantas.

DIVERSIDADE DE ECOSISTEMAS BRASILEIROS

Após conhecer a diversidade dos seres fotossintetizantes, tanto aquáticos como terrestres, vamos tratar agora das duas grandes formações ou biomas que existem no Brasil, assim como em todo globo terrestre: o ambiente Aquático e o Terrestre.

Ecosistemas aquáticos

No bioma aquático, reconhecemos dois tipos de ecossistemas: o dulcícola e o marinho.

Ecosistemas dulcícolas

Os sistemas dulcícolas são muito importantes no Brasil pela grande rede hidrográfica que corta o país de norte a sul e de leste a oeste. Eles são constituídos por:

- a) sistema lântico (de águas paradas), formado por lagos, tanques, represas etc.
- b) sistema lótico (de águas correntes), composto por rios, riachos, mananciais etc.
- c) terras úmidas: brejos e florestas de pântanos.

Os organismos fotossintetizantes que constituem sua biomassa viva são compostos de:

- algas microscópicas fitoplanctônicas e fitobentônicas (diatomáceas);
- macroalgas pluricelulares bentônicas (Clorofíceas e Rodofíceas e Feofíceas);
- Briófitas;
- Pteridófitas;
- Angiospermas.

Muitas delas são espécies aquáticas emergentes, submersas ou flutuantes. Nas águas permanentes, são comuns as plantas com flores (*Eichornia sp.*, *Pontederia*, *Sagittaria sp.*, *Elodea*) e as samambaias-do-brejo (*Ceratopteris pteridoides*, *Isoetes sp.* e *Thelypteris interrupta*). Como plantas flutuantes, temos a vitória-régia (*Victoria amazonica*), a alface d'água (*Pistia stratiotes*), a cana-do-brejo (*Canna glauca*) e o jacinto-d'água (*Nymphaea sp.*), entre outras.

Ecosistemas marinhos

O litoral brasileiro tem uma extensão de 7.408km, que vai da desembocadura do Rio Oiapoque (04°52'45" N, no Amapá) até o Arroio Chuí (33°45'10", no Rio Grande do Sul). Esse litoral é constituído por uma gama de ecossistemas variados, incluindo os de interface entre o ambiente terrestre e o marinho, tais como:

- a) manguezais;
- b) restingas;
- c) estuários, baías, lagoas costeiras;
- d) praia;
- e) costões rochosos;
- f) ilhas costeiras e oceânicas;
- g) recifes de coral;
- h) plataforma continental marinha.

Trataremos dos manguezais e restingas mais adiante nesta aula, junto com o bioma terrestre. Os marinhos propriamente ditos são:

ilhas costeiras e oceânicas (**Figura 1.1**), recifes de coral e plataforma continental marinha. Os demais são considerados ecossistemas de transição entre o ambiente marinho e o terrestre. Vamos exemplificar aqui alguns deles.



Figura 1.1: Ilha oceânica (Fernando de Noronha, PE).

Ecosistemas de estuários

Um estuário é um corpo d'água costeiro semi-fechado que se liga livremente com o mar. Trata-se de um ecossistema de alta variabilidade ambiental, em que a água do mar é diluída pela água doce, proveniente da drenagem dos rios. Os estuários mais importantes do Brasil são os dos rios Amazonas, São Francisco e Paraíba do Sul.

Os organismos fotossintetizantes comumente encontrados nos estuários são as algas microscópicas bentônicas (diatomáceas e outros) e as algas microscópicas fitoplanctônicas (diatomáceas, dinoflagelados, fitoflagelados); em locais de maior transparência das águas ocorrem as algas macroscópicas ou pluricelulares, as bentônicas e as de cor verde (*Ulva spp.*, *Cladophora spp.*, *Enteromorpha spp.*, *Chaetomorpha spp.* e *Rhizoclonium spp.*).

Ecosistemas de praias

É um sistema costeiro entre o ambiente terrestre e o marinho, constituído por areia (substrato inconsolidado móvel) (Figura 1.2). Os protistas fotossintetizantes dominam os interstícios dos grãos de areia e são constituídos por organismos microscópicos, como cianobactérias ou cianofíceas, fitoflagelados e diatomáceas bentônicas.



Figura 1.2: Vegetação de Praia (Barra de Maricá, RJ).

Algumas clorofíceas, com estruturas de fixação adaptadas a esse tipo de substrato móvel, são comumente encontradas imersas: *Udotea spp.*, *Penicillus spp.*, *Halimeda spp.*, *Caulerpa spp.* (algas verdes). Aliadas a essas algas bentônicas ocorrem também as “gramas” marinhas, que compreendem um pequeno grupo das plantas vasculares com sementes (Angiospermas Monocotiledôneas) e que completam o seu ciclo de vida totalmente imersas na água do mar. Existem somente três gêneros no Brasil: *Ruppia*, *Halodule* e *Halophila*.

O gênero *Ruppia*, com a espécie *R. maritima*, é o único que cresce em águas de baixa salinidade, como, por exemplo, a Lagoa dos Patos, RS; essa espécie forma populações que desempenham um papel importante na região, como principal produtor primário. Tipicamente marinhas, encontramos o gênero *Halodule* (*H. emarginata* e *H. wrightii*) e o gênero *Halophila* (*H. bailonii* e *H. decipiens*). Apesar do pouco número de espécies, algumas delas, como *H. wrightii*, assumem uma grande importância ecológica, formando extensas pradarias no litoral nordestino e são coletadas como alimento para peixes-boi no cativeiro.

Ecossistemas de costões rochosos



Figura 1.3: Costão rochoso (PE).

É um ecossistema (Figura 1.3) de transição entre o ambiente marinho e o terrestre. É constituído por substrato consolidado (duro) e figura entre os ecossistemas mais produtivos do planeta. Recebe um grande aporte de nutrientes provenientes da Terra, produzindo alta

biomassa. Os produtores primários são constituídos de microfitobentos (algas microscópicas) e de macrofitobentos (algas macroscópicas). Ao longo da costa brasileira, a distribuição dos organismos que fazem a fotossíntese nos costões rochosos constitui o resultado da interação complexa entre fatores biogeográficos e as características das diferentes massas d'água, particularmente das correntes do Brasil, das Malvinas e dos afloramentos das águas frias (por exemplo: Cabo Frio e Macaé), além da disponibilidade de substrato consolidado para que as algas possam se estabelecer.

A lista de algas fitobentônicas marinhas do litoral brasileiro consta de 811 táxons infragenéricos, sendo 388 Rodófitas (algas vermelhas), 88 Feófitas (algas pardas), 167 Clorófitas (algas verdes) e 163 Cianófitas (algas azuis). Os estados com maior riqueza em espécies são Rio de Janeiro (465), São Paulo (372), Espírito Santo (371) e Ceará (250).

Dentre as algas pardas e vermelhas, existem muitas espécies que são de interesse econômico em virtude da produção de polissacarídeos em suas paredes celulares. A partir das vermelhas, extraem-se o ágar, principalmente nas espécies de *Gelidium*, *Gracilaria* e *Pterocladia* e o **CARRAGENANO** de várias espécies de *Hypnea*, também comumente observadas em costões rochosos ou crescendo sobre outras algas. Pesquisas atuais têm apontado que algumas dessas algas têm efeitos inibitórios de vírus, como antimicrobianos (bactérias e fungos) e como anticoagulante, demonstrando, assim, um futuro promissor para esses organismos marinhos fotossintetizantes como fonte de novos fármacos.

CARRAGENANO

Polímero obtido a partir de algas, é capaz de formar um gel e é usado pela indústria com geleificante, espessante e emulsificante.

Ecosistemas de recife de corais

O Brasil possui os únicos recifes coralíneos do Atlântico Sul. Apresentam grande importância biológica por constituírem estruturas de organismos vivos (corais) geralmente formando bancos, que se elevam desde o fundo até a superfície. Além disso, os recifes funcionam como criadouros de crustáceos e de uma diversidade de peixes, esponjas, equinodermos etc. As algas têm um destaque relevante: desde as microscópicas, denominadas zooxantelas, que são simbióticas de corais, até as macroscópicas que, além de produtores primários, servem de alimento, abrigo e berçário para uma infinidade de animais. Esse ecossistema de recife coralíneo, como os costões rochosos, abriga as mais diversificadas formas de algas bentônicas: *Halimeda spp.* e *Caulerpa spp.* (algas verdes); *Dictyota spp.*, *Dictyopteris spp.* e *Sargassum spp.* (algas pardas); *Osmundaria obtusiloba*, *Hypnea spp.*, *Gracilaria spp.*, *Gelidium spp.* e *Cryptonemia spp.* (algas vermelhas), entre outras.

Ecosistema da plataforma continental

É a zona que se estende desde a linha de imersão permanente até a profundidade aproximada de 200 metros mar adentro. Nesse contexto, situa-se a plataforma continental brasileira que tem 820.000km², compreendendo desde o Rio Oiapoque até o Arroio Chuí. Essa plataforma é dotada de uma grande complexidade que é aumentada pela diversificação na qualidade e na quantidade de influência terrígena (ex.: foz de rios), através das correntes marinhas e da própria variabilidade dos fundos, que são altamente heterogêneos em diversas áreas do litoral brasileiro.

Os organismos fitoplanctônicos e fitobentônicos, aliados às Angiospermas marinhas, são os seres que produzem a matéria orgânica que alimenta os diversos animais. Ao sabor das ondas, desde o Oiapoque ao Chuí, encontram-se populações fitoplanctônicas vivendo na massa d'água, com aproximadamente 1.340 espécies já observadas. No fundo, principalmente sob a influência da Corrente do Brasil e das Malvinas, predominam as populações algáceas fixas ao substrato, consolidado ou não, com um número aproximado de 180 espécies estudadas.

Algumas dessas algas apresentam alto interesse econômico devido ao teor de ácido algínico, como o banco de *Laminaria abyssalis*, constituído de algas pardas de grande porte, podendo atingir até 6m de comprimento. Essa espécie ocorre somente em profundidade entre 40 e 100 metros, nas águas profundas das costas dos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. O ácido algínico tem importância em vários segmentos das indústrias alimentícia, têxtil, farmacêutica etc. Além disso, extratos dessa alga apresentam efeitos inibitórios sobre vírus. Outras algas, como *Gracilaria spp.*, também têm valor econômico pelo seu conteúdo de ágar, usado na indústria farmacêutica alimentícia, entre outras. É comum encontrar essas espécies, principalmente, no fundo do litoral nordestino.

De maneira geral, o número de espécies citadas, tanto no fitoplâncton como no fitobentos dos ecossistemas brasileiros, são passíveis de serem modificados, à medida que surgirem novos estudos na costa brasileira.

Ecossistemas terrestres

Sem dúvida, possuímos a flora mais rica do globo. Esse fato, certamente, está relacionado à vasta extensão de nosso país e à grande diversidade de clima, solo e geomorfologia, produzindo, como resultado final, uma grande variedade de vegetação.

Dentre os tipos de vegetação encontrados no território brasileiro, as florestas tropicais pluviais (Floresta Atlântica e Amazônica) são consideradas o ecossistema de maior diversidade de espécies e complexidade de relações ecológicas. Já as florestas tropicais são tidas como centros de biodiversidade, embora cubram apenas 7% da superfície terrestre; no entanto, elas contêm mais da metade das espécies da biota mundial.

Província Mata Atlântica

Inclui a Floresta Atlântica propriamente dita, a restinga e os manguezais.

A Floresta Atlântica (Figura 1.4), considerada a floresta tropical úmida mais ameaçada do planeta, abriga inúmeros endemismos da fauna e da flora e constitui o habitat natural de várias espécies ameaçadas de extinção. Considerando seus remanescentes, a região que abrange a Floresta Atlântica está reduzida atualmente a 5% de sua área original e a 2% de floresta nativa altamente fragmentada. Está localizada ao longo da costa brasileira, desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul. O relevo é acidentado com

solos cristalinos (granito e gnaisse). A precipitação varia entre 2000-3100mm/ano e a temperatura entre 14 e 21°C. Seu potencial econômico é muito grande, pois possui inúmeras espécies medicinais, frutíferas, produtoras de madeira, ornamentais etc. O desmatamento acelerado das últimas décadas, aliado à extração não controlada, sobretudo de valiosas espécies arbóreas, foi resultado da urbanização, atividades agrícolas e pecuárias, reflorestamento homogêneo, instalação de ferrovias e comercialização de madeiras, entre outras atividades humanas. Como consequência da antropofização, citamos a destruição de habitats, redução da biodiversidade e da disponibilidade hídrica. Seus remanescentes encontram-se na BA (8%), ES (7,5%), MG (0,1%), PE (0,5%), RJ (10%), SP (4%) e SE (1,8%).

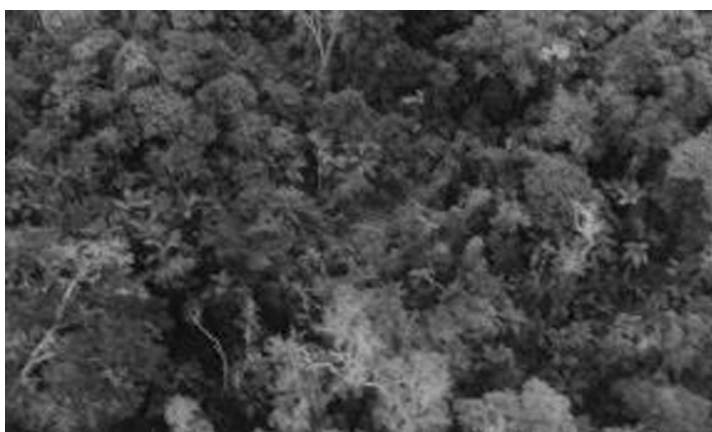


Figura 1.4: Floresta Atlântica (A: Parque Nacional da Tijuca, RJ; B: Reserva Biológica de Soretama, ES).

A **Restinga** (Figura 1.5) também faz parte dos domínios da Mata Atlântica. É um ecossistema costeiro, enquadrado como área de preservação ambiental permanente. Caracteriza-se pelos solos arenosos, constituindo planícies costeiras em função dos processos de transgressão e regressão marítima. Sua vegetação ocorre em zonas, através de diversos habitats – dunas, moitas, matas, alagados temporários e permanentes. Seu potencial econômico é considerado relevante diante da presença de espécies medicinais, frutíferas, paisagísticas etc. Dentre as atividades antrópicas, citamos as agropastoris, urbanização, exploração de espécies vegetais, retirada de madeiras e areia.



Figura 1.5: Restinga (Barra de Maricá, RJ).

O **Manguezal** (Figura 1.6) é um dos ecossistemas mais complexos da zona de interface da terra com o mar. Não apenas pela diversidade biológica, mas principalmente pela diversidade de funcionamento. Da mesma forma que a Restinga, o Manguezal está também incluído nos domínios da Mata Atlântica e é uma área de preservação ambiental permanente. Sua vegetação desenvolve-se em regiões de sedimentos instáveis, rico em matéria orgânica. Localiza-se em zonas de ciclos de maré – estuários e costa oceânica, do Amapá até Santa Catarina. Possui intensa ciclagem de nutrientes e alta produtividade, sendo considerado a base da cadeia alimentar.

É um local de intensa reprodução e desova de animais. No entanto, possui reduzida diversidade vegetal que compreende o mangue vermelho (*Rhizophora mangle*), o mangue branco (*Laguncularia racemosa*) e o mangue preto (*Avicennia shaueriana* e *A. germinans*). As árvores são acompanhadas por um pequeno número de outras plantas, tais como o algodoeiro (*Hibiscus tiliaceus*), a samambaia-do-mangue e a gramínea *Spartina*. Ricas comunidades de algas crescem sobre as raízes aéreas das árvores, na faixa coberta pela maré, e formam o principal alimento das larvas e dos jovens animais que povoam o ecossistema. Nos manguezais do Brasil já foram levantadas 62 espécies, distribuídas em 21 algas verdes e 4 algas pardas (Exemplos: algas *Bostrychia spp.*, *Caloglossa spp.* e *Catenella spp.*: algas vermelhas; *Rhizoclonium*, *Enteromorpha spp.*: algas verdes). Os troncos permanentemente expostos e as copas das árvores são pobres em plantas epífitas. Seu potencial econômico está relacionado à pesca. No entanto, as atividades antrópicas vêm ameaçando esse ecossistema: exploração madeireira, criação de terras agricultáveis, urbanização (supressão da vegetação, aterro e formação de canais). Como conseqüências da antropofização, citamos a destruição de habitats, redução da biodiversidade e a redução de estoques pesqueiros.



Figura 1.6: Vegetação de Mangue (Camocim, CE). Note as raízes aéreas.

A Floresta Amazônica

É a maior floresta tropical do planeta, atingindo nove países: Brasil, Venezuela, Colômbia, Peru, Bolívia, Equador, Suriname, Guiana e Guiana Francesa. A **Amazônia** brasileira envolve os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins e parte dos estados do Maranhão e Goiás, correspondendo a uma área de aproximadamente 5 milhões de km², maior que toda a Europa Ocidental.



Figura 1.7: Floresta Amazônica de várzea.

Figura 1.8: Floresta Amazônica de terra firme.



O relevo é constituído por várzea (**Figura 1.7**) e terra firme (**Figura 1.8**). O solo é pobre, ácido, arenoso e protegido pela vegetação. Possui uma riqueza em biodiversidade inestimável, com espécies medicinais, frutíferas, produtoras de madeira, ornamentais etc. Infelizmente, a Floresta Amazônica tem sofrido desmatamento, alterando sua fisionomia. Como consequência desse fato, acredita-se que ocorrerão mudanças globais no planeta, tais como efeito estufa, aumento da temperatura e redução da biodiversidade.

Cerrado

O ecossistema do Cerrado (Figura 1.9) ocupa cerca de 1/4 do território nacional, com aproximadamente 2 milhões km², atingindo os Estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Distrito Federal, oeste da Bahia e sul de Minas Gerais. É constituído por estratos graminóides, arbustivo e pequenas árvores, dotados de xeromorfia (espécies com raízes profundas, xilopódio e caule retorcido). Possuem as seguintes variações em sua fitofisionomia: campo limpo, campo sujo, campo cerrado, cerradão e matas ciliares. A estação seca pode durar de 5-7 meses, geralmente de maio a setembro; a estação chuvosa ocorre normalmente de outubro a abril e é bem acentuada (1300-1800mm/ano, umidade 50-70%). O solo é pobre em matéria orgânica, arenoso, ácido e rico em ferro e alumínio. A vegetação está adaptada à freqüente presença do fogo (vida latente das sementes e xilopódio). O Cerrado tem importante potencial econômico, com espécies medicinais, frutíferas, produtoras de madeira, ornamentais. Como exemplos, citamos: Barbatimão (*Stryphnodendron* spp. – medicinal); Sucupira (*Bowdichia virgillioides* – madeira); Piqui (*Caryocar brasiliense* – fruto comestível); Ipê do cerrado (*Tabebuia ochracea* - ornamental). Entre as atividades antrópicas destacam-se a agricultura, a pastagem, a exploração madeireira e a urbanização.



Figura 1.9: Vegetação de Cerrado (Corumbá, MS).

Pantanal

O Pantanal (Figura 1.10) corresponde a uma planície de aluvião, envolvendo uma área aproximada de 200.000 km², nos Estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Ocupa também parte da Bolívia e Paraguai (Chaco). Possui uma rica rede hidrográfica, onde se destaca o rio Paraguai. O período de chuvas (cheias) ocorre, caracteristicamente, de outubro a março. O complexo pantanal é um mosaico de comunidades hidrófilas (submersas e natantes), mesófitas e mesmo xerófitas. Seu potencial econômico está relacionado às atividades agropastoris, ao turismo ecológico e também à mineração.



Figura 1.10: Pantanal Matogrossense (MT).

Figura 1.11: *Ananas* sp. crescendo em solo irrigado (Petrolina, PE).



Caatinga

A **Caatinga** reveste cerca de 11% do território nacional, ocorrendo nos Estados de Minas Gerais, Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí. É um sistema dominado vegetacionalmente por um misto de pequenas árvores, arbustos decíduos (que perdem as folhas), geralmente com espinhos ou acúleos, e/ou de cactáceas e bromélias (**Figura 1.11**).

A fisionomia é variável, caracterizada por xeromorfa e deciduidade, compreendendo: o **agreste** (**Figura 1.12**), mais úmido, próximo ao mar, com solo mais profundo, vegetação alta e densa; e o **sertão** (**Figura 1.13**), mais seco, solo raso, freqüentemente pedregoso, vegetação baixa e dispersa.



Figura 1.12: Parque Nacional de Ubatuba (CE).



Figura 1.13: Vegetação de Caatinga no sertão (Petrolina, PE).

O clima é caracterizado por um longo período seco e um período chuvoso irregular. A Caatinga tem sido utilizada para a agricultura irrigada e para pastagem.

CAPÃO

Porção de vegetação isolada no meio do campo.

Campo

A vegetação é composta de imensas formações graminóides, pontuadas pelos **CAPÕES**. O solo é argiloso e compacto. Seu potencial econômico está relacionado às atividades agropastoris sustentáveis e ao turismo ecológico. Estão presentes nos Estados do Rio Grande do Sul (Campos Planálticos), Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Minas Gerais (**Figura 1.14**).

Pode apresentar as seguintes fisionomias: Campo Sujo (exclusivamente herbáceo-arbustivo): com arbustos e subarbustos esparsos; Campo Limpo (predominantemente herbáceo): com raros arbustos e ausência completa de árvores; e Campo Rupestre (predomínio de espécies herbáceo-arbustivas, com a presença eventual de arvoretas pouco desenvolvidas, ocupando afloramentos rochosos, geralmente em altitudes superiores a 900m.



Figura 1.14: Campo (Corumbá, MS).

Floresta de araucária

Formação mista, constituída pela concrecência de *Araucaria angustifolia* (pinheiro-do-paraná) e elementos da floresta pluvial. Os pinherais ou pinhais ocorrem desde São Paulo até Rio Grande do Sul. A antropofização é constituída por exploração madeireira, criação de terras agricultáveis, pastoreio sustentável, formação de pastagens e turismo ecológico. A extração de essências (química industrial) e madeira e o turismo ecológico têm sido prática comum.

Zona dos Cocais

É uma floresta secundária formada pelo desmatamento, situada entre a Amazônia e a caatinga. Abrangendo os Estados do Maranhão, Piauí, Rio Grande do Norte, Ceará e norte dos Estados de Mato Grosso e Goiás. Possui uma biodiversidade reduzida, onde se destacam espécies oleaginosas e produtoras de fibras, como Babaçu (*Orbignya martiana* – utensílios, telhados, forragem, palmito, adubo, óleo) e Carbaúba (*Copernicia cerifera* – utensílios, cera, construção).

Ocorrência dos grupos do Reino Plantae nos ecossistemas terrestres brasileiros

Normalmente, as Briófitas no Brasil não constituem uma parte predominante da vegetação como ocorre em algumas regiões de tundra ou em brejos ácidos nas regiões temperadas; porém, em serras e em matas úmidas brasileiras, elas costumam ser uma parte importante da vegetação com biomassa significativa. A maior riqueza de Briófitas ocorre, com grande diferença, no bioma da Mata Atlântica e nas matas do sul, em ambientes úmidos. Contudo, essas plantas também ocorrem abundantemente em outros biomas, quando as condições são apropriadas. Não possuímos informações suficientes para estimar números de espécies em todos os diferentes biomas. No Cerrado e na Caatinga sua diversidade é muito baixa. As Briófitas do Pantanal são pouco conhecidas.

Informações sobre distribuição de Pteridófitas por bioma são escassas e incompletas, e provavelmente não muito confiáveis. Os dados disponíveis sugerem que o número de espécies presentes na Caatinga e no Cerrado é relativamente baixo e que o bioma mais rico no Brasil em Pteridófitas é a Floresta Atlântica.

O grupo das Gimnospermas é o menor dos grupos de plantas terrestres e é pouco representado no Brasil, em relação à representação que têm em climas frios. As espécies brasileiras constituem somente 2% do total mundial (750 espécies) e ocorrem na Mata Atlântica, Campos do Sul, Floresta Amazônica e Cerrado.

Dados sobre distribuição das espécies de Angiospermas nos biomas ainda são muito incompletos, embora se saiba que estão representados em todos os ecossistemas brasileiros. Afinal, esse é o grupo dominante e, sem dúvida, possuímos a flora mais rica do globo devido à presença de cerca de 50.000 espécies de Angiospermas em nossos diferentes biomas.

RESUMO

Nesta primeira aula, conhecemos um pouco da diversidade dos seres fotossintetizantes no ambiente aquático e terrestre. Vimos, ainda, a distribuição dos principais grupos taxonômicos nos biomas aquáticos e nos biomas terrestres brasileiros, como a Mata Atlântica e o Cerrado.

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Quando você estiver no campo, poderá vivenciar muito dessa variedade de grupos de organismos fotossintetizantes nos seus diferentes ambientes. Nas próximas duas aulas, observaremos a distribuição desses grupos em sistemas aquáticos e terrestres. Por exemplo, você verá quanta variedade existe num costão rochoso: algas de diferentes formas e cores; verá que a areia da praia é repleta de halófitas e também na restinga verá que entre as folhas de uma bromélia existe um verdadeiro ecossistema rico em microorganismos, animais e outras plantas. E, para finalizarmos, observaremos a grande diversidade das plantas terrestres, que vão desde os musgos e samambaias até as plantas de porte arbóreo.

Ao final da segunda e terceira aulas, você terá exercícios referentes ao que você estudou nesta aula e nas práticas de campo.

Ecosistemas aquáticos

AULA

2

objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Caracterizar os ecossistemas em suas diferentes fisionomias: mar, lago ou rio.
- Identificar os diferentes tipos de habitats dos organismos fotossintetizantes.

Pré-requisito

Para que o aluno possa obter um melhor desempenho neste trabalho de campo, ele deverá rever a Aula 1.

ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS E TERRESTRES

Dividir em grupos de 4 alunos. Cada grupo será responsável por um trecho do costão rochoso, ou do mar ou do rio.

Procedimento:

1. Esquematizar o trecho escolhido anotando os fatores:
 - a. Se for costão rochoso (mar): batido ou abrigado.
 - b. Se for lago: paisagem circundante e transparência da água.
 - c. Se for rio: paisagem circundante e tipo de correnteza.
2. Observar a ocorrência (sol e sombra) e a distribuição dos organismos fotossintetizantes (Protistas: algas e plantas vasculares):
 - a. Substrato duro (= costão ou pedra);
 - b. Substrato mole (= areia ou lama);
 - c. Interações (alga sobre alga, alga sobre planta vascular, alga sobre animal).
3. Ilustre em seu esquema (no item 1) a posição e a distribuição, incluindo a cor predominante, desses organismos autotróficos no ambiente natural.

Apresentação de relatório:

O aproveitamento da excursão dependerá do grau de observação que se reverterá na qualidade do seu trabalho.

Material de trabalho de campo:

1. Lupa de mão;
2. Prancheta, lápis, borracha e papel para anotações e desenhos, envolvidos em sacos plásticos no caso de chuva;
3. Máquina fotográfica (opcional).

Material de uso pessoal:

1. Trajes de banho (viajar com o traje, pois não haverá lugar para trocar a roupa);
2. Tênis com solado aderente para não escorregar;
3. Boné ou chapéu;
4. Repelente, no caso de pessoas alérgicas;
5. Toalha;
6. Filtro solar;
7. Lanche.

**ATENÇÃO!**

NÃO SE DISPERSE E
TOME CUIDADO PARA
NÃO ESCORREGAR!

Ecosistemas terrestres

AULA

3

objetivos

Com esta aula de campo, o aluno deverá ser capaz de:

- Caracterizar o ecossistema em suas diferentes fisionomias: restinga e/ou floresta.
- Observar a distribuição dos diferentes grupos de plantas terrestres, identificando seus diferentes tipos de habitats.
- Analisar o porte e os órgãos vegetativos dos diferentes grupos taxonômicos presentes.

Pré-requisito

O aluno deverá rever a Aula 1 para obter um melhor rendimento nesta aula de campo.

ROTEIRO DE TRABALHOS DE CAMPO:

1. Esquematizar a área a ser estudada, anotando as características gerais da vegetação (estratos, altura do dossel, proximidade da água, interferência humana).
2. Examinar e anotar o tipo de solo quanto à constituição (argiloso, arenoso, rochoso, pedregoso etc.) e quanto à natureza (seco, úmido, brejoso, inundado ou inundável etc.).
3. Atentar para o domínio dos diferentes grupos de plantas terrestres (Briófitas, Pteridófitas e Angiospermas) nos diferentes estratos (herbáceo, arbustivo e arbóreo).
4. Observar o habitat das plantas quanto:
 - a. Substrato (rupícola, terrícola ou aquática);
 - b. Associações (epífita, parasita ou hemiparasita, saprófita);
 - c. Luminosidade (sol, meia-sombra, sombra);
 - d. Umidade (seco ou úmido).
5. Observar a planta quanto:
 - a. Porte (erva, arbusto ou subarbusto, árvore e arvoreta, trepadeira e liana);
 - b. Órgãos vegetativos (raiz, caule e folhas).

Material necessário:

1. Roteiro de trabalhos de campo;
2. Lupa de mão;
3. Prancheta, lápis, borracha e papel para anotações e desenhos, envolvidos em sacos plásticos, no caso de chuva;
4. Máquina fotográfica (opcional).

Material de uso pessoal:

1. Calça comprida grossa;
2. Tênis;
3. Boné ou chapéu;
4. Repelente, no caso de pessoas alérgicas;
5. Lanche.

Apresentação de relatório:

O aproveitamento da excursão dependerá do grau de observação que se reverterá na qualidade do relatório.



ATENÇÃO!

NÃO HAVERÁ COLETA DE MATERIAL.

NÃO SE DISPERSE E TOME CUIDADO

PARA NÃO ESCORREGAR!

Preserve o Meio Ambiente!!!

A diversidade do reino dos fungos

AULA

4

objetivos

Levar o aluno a ter condições de:

- Descrever a diversidade de formas e usos dos fungos.
- Definir as formas de organização dos fungos filamentosos.
- Caracterizar as principais subdivisões do Reino Fungi.

Pré-requisito

Para que o aluno alcance um melhor proveito desta aula, é necessário que ele reveja a matéria sobre diversidade dos seres vivos.

INTRODUÇÃO

Os fungos fazem parte do cotidiano dos homens desde tempos imemoráveis. Certamente, o homem primitivo já coletava nas matas diversos fungos que lhes serviam de alimento.

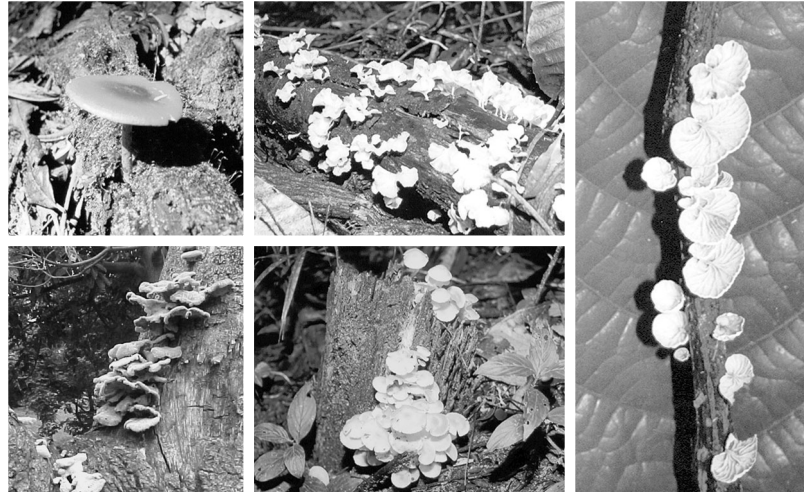


Figura 4.1: Fungos na Natureza.

Artefatos que representam cogumelos já foram encontrados em escavações em todo o mundo, indicando sua utilização ao longo do desenvolvimento de diversas civilizações. A rapidez com que surgem no solo ou em troncos de árvores, sem a presença de sementes ou brotos, favoreceu o aparecimento do mito segundo o qual esses organismos eram dotados de poderes divinos. O crescimento em círculo de algumas espécies de cogumelos lhes rendeu o nome de “anel das fadas”.



Figura 4.2: Crescimento de cogumelos formando um “anel das fadas”.

Por certo o fato de muitos cogumelos terem a capacidade de causar alteração no estado mental das pessoas, deu força ao mito. Utilizados com frequência em rituais religiosos de diversas tribos em todo o mundo, os cogumelos têm sua origem mística nos trovões e nos raios, crença essa disseminada por populações em todos os hemisférios.

POR QUE OS FUNGOS SÃO ESTUDADOS DENTRO DA BOTÂNICA?

A micologia (do grego, *Mykes* = cogumelo + *logos* = estudo) é uma ciência relativamente recente, quando comparada a outros ramos da Botânica. O estudo dos fungos como ciência se iniciou no século XVII, quando células e suas estruturas passaram a ser observadas com o auxílio de microscópios. O início da sistematização do estudo começou com os trabalhos do micologista italiano Pietro Antonio Micheli, que publicou seus resultados no tratado intitulado “Nova Plantarum Genera” (1729). Nesse trabalho, os fungos ainda eram estudados como uma divisão da Botânica. De fato, por muitos anos esses organismos foram tratados como plantas, uma vez que sua morfologia externa pode facilmente levar a esse tipo de equívoco. Inicialmente, acreditava-se que as algas e os fungos tivessem uma origem comum. Atualmente, porém, entende-se que os fungos teriam se originado de um ancestral eucarionte unicelular flagelado (Protista), não-clorofilado e que, posteriormente, deu origem às formas filamentosas. Assim sendo, eles teriam seguido uma linha evolutiva independente, não podendo ser classificados nem como plantas nem como animais.

A partir do Sistema de Classificação dos organismos em cinco reinos, proposto por Whittaker, em 1969, os fungos passaram a ocupar um reino à parte – Reino Fungi ou *Mycetae* – em que uma de suas principais características é ter a **ABSORÇÃO** como forma de obtenção de alimento.

CARACTERIZAÇÃO GERAL DOS FUNGOS

Os fungos são organismos eucariontes e aclorofilados, portanto, heterotróficos. Variam de organismos unicelulares (uma única célula) a pluricelulares (filamentosos). Podem produzir estruturas macroscópicas responsáveis pela formação e liberação dos esporos sexuais. Essas estruturas podem ser diminutas, com alguns milímetros, ou alcançar até 1 metro de diâmetro (ex.: Basidiomycotina).

ABSORÇÃO

É o processo pelo qual o fungo lança suas enzimas sobre moléculas complexas (ex.: matéria orgânica) e absorve moléculas mais simples.

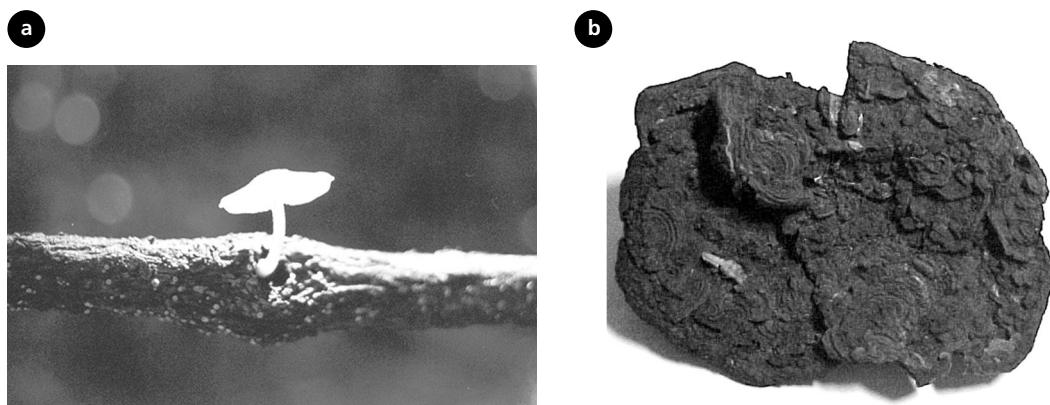


Figura 4.3: Variação de tamanho de Basidiomycotina, Classe Hymenozygomycetes: (a) Ordem Agaricales – fungo com 1cm de altura; (b) Ordem Aphyllophorales (orelha-de-pau) – fungo com 40cm de diâmetro.

A parede celular é composta, principalmente, de polissacarídeos tais como: celulose, quitina, B-glucano, quitosano etc. Assim como em outros organismos heterotróficos, o principal produto de reserva é o glicogênio.

O citoplasma dos fungos possui um ou mais núcleos envoltos por dupla membrana e numerosas organelas, como: mitocôndria (associada a corpúsculos cilíndricos denominados condriomas), vacúolos, retículo endoplasmático, ribossomas, microtúbulos, glóbulos de lipídios e também cristais.

COMO AS CÉLULAS DOS FUNGOS SE ORGANIZAM?

Os fungos são organismos avasculares, ou seja, não apresentam diferenciação de funções ao longo do talo. Eles podem ser constituídos por uma única célula, como as leveduras, ou por um conjunto de células formando um filamento, denominado **hifa** (ex.: Eumycota). Ao conjunto de hifas que compõem um fungo, dá-se o nome de micélio.

Os fungos filamentosos apresentam uma imensa variedade de formas e cores (**Figura 4.4**). Em alguns casos, o sistema vegetativo do fungo pode ser formado não por um filamento, mas por um **plasmódio**, que é uma massa protoplasmática, sem parede celular, dotada de vários núcleos (ex.: Myxomycota). Assim, por não possuir parede celular, esses fungos são capazes de se locomover sobre o substrato, impulsionados por correntes citoplasmáticas e, nesse processo, fagocitam pequenas partículas e organismos tais como bactérias e esporos. Tais características da divisão Myxomycota fazem com que muitos autores acreditem que esse grupo de organismos estaria melhor inserido no Reino Protista que no Fungi.

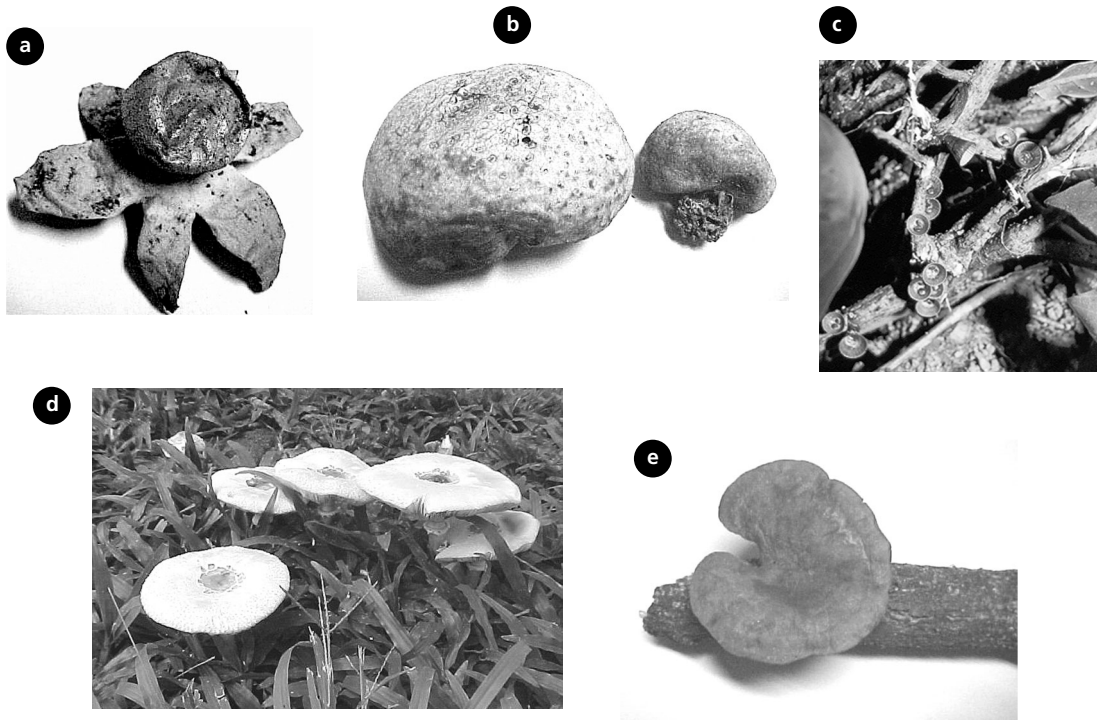


Figura 4.4: Diversidade de formas dos fungos: (a) *Geastrum* (estrela-da-terra); (b) *Scleroderma*; (c) *Cyathus* (ninho-de-passarinho); (d) *Chlorophyllum* e (e) *Picnoporus* (orelha-de-pau).

As hifas podem ser septadas ou não. Nas hifas septadas, o protoplasma se apresenta regularmente interrompido por septos, que formam segmentos ou células. Esses septos são projeções da parede celular em direção ao centro da hifa, que podem ser contínuos ou apresentar um poro central. A função do poro é permitir a comunicação entre duas células, ocasionando inclusive a migração de núcleos em alguns grupos. Nas hifas não-septadas, também chamadas contínuas ou cenocíticas, não existe septos separando as células, todas as organelas estão distribuídas ao longo do filamento.

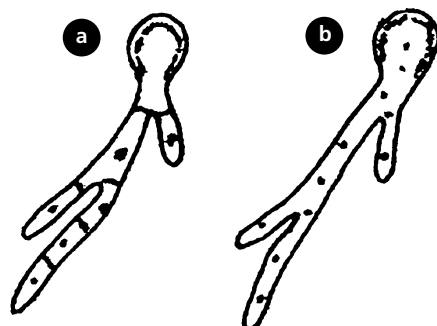


Figura 4.5: Tipos de hifas: (a) hifa septada; (b) hifa não-septada.

Fungos não apresentam tecidos especializados, no entanto, hifas adjacentes podem formar uma massa pela fusão das paredes, aparentando formar um tecido, que recebe o nome de PLETÊNQUIMA.

Existem dois tipos de PLETÊNQUIMA:

- a) Prosênquima – formado por um feixe de hifas frouxamente agregadas, que conservam sua individualidade.
- b) Pseudoparênquima – quando as paredes de hifas adjacentes se encontram soldadas, não podem mais ser separadas. Por se assemelhar a um tecido vegetal, recebe o nome de pseudoparênquima.

O pletênquima pode formar ainda duas estruturas:

- Esclerócio: forma de resistência, em que a parte interna é constituída por prosênquima e a externa por pseudoparênquima.
- Estroma: semelhante ao esclerócio, porém, possui a forma menos regular e permanece ligada ao restante do sistema vegetativo. O estroma é formado após um período de crescimento ativo. As estruturas reprodutivas irão se formar sobre ou no interior dos estromas.

Em determinados momentos, duas hifas vizinhas podem se tocar de forma direta ou pode uma delas emitir uma ramificação; no ponto onde elas se tocam, a parede desaparece, ocorrendo a *anastomose ou união* das hifas.

Após a fusão das paredes das hifas monocarióticas (um núcleo) durante a reprodução sexuada, as hifas resultantes dicarióticas (dois núcleos) podem formar estruturas denominadas *grampos de conexão* (ex.: Basidiomycotina). Durante a divisão celular, esses grampos têm a função de manter os núcleos provenientes de hifas diferentes em uma mesma célula (Figura 4.6).

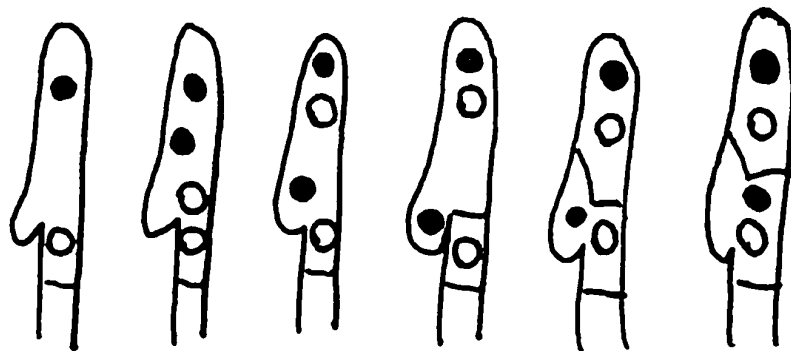


Figura 4.6: Seqüência de formação de um grampo de conexão.

Outra modificação que pode ocorrer em hifas vegetativas é a formação de *clamidósporos*, células especiais de descanso que se formam na extremidade da hifa. Os clamidósporos são arredondados e possuem paredes espessadas.

Os fungos septados podem formar estruturas denominadas *rizomorfias*. Como o próprio nome indica, essa estrutura se assemelha a raízes de vegetais. Ela é formada por feixes de hifas entrelaçadas que apresentam paredes soldadas.

Tanto os fungos com hifas septadas, quanto os com hifas contínuas, podem formar estruturas denominadas *haustórios* ou *sugadores*. Essas estruturas são pequenos prolongamentos emitidos pelas hifas, e têm a função de absorver os nutrientes. Podem ocorrer em hifas localizadas fora do hospedeiro ou do substrato, ou em hifas intercelulares (dentro do hospedeiro). Podem ser simples ou ramificadas, e apresentar a forma globular, clavada ou filamentosa.

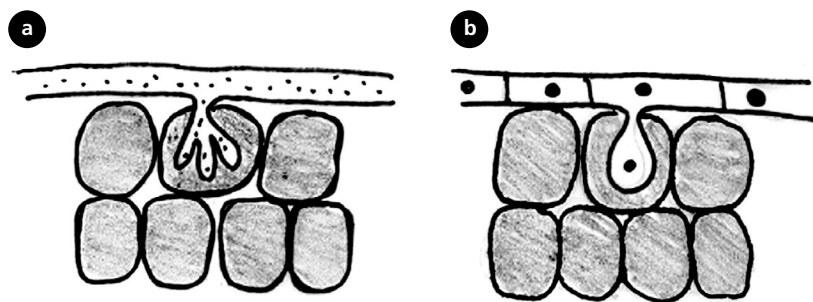


Figura 4.7: Tipos de haustórios: (a) ramificado; (b) globoso.

PARA QUE SERVEM OS FUNGOS?

Independente de sua origem e afinidades, há centenas de anos os fungos fazem parte do cotidiano dos homens. A abrangência do papel dos fungos em nosso dia-a-dia é incrível. Eles fazem parte de importantes processos industriais como a fermentação de carboidratos, fundamental para a elaboração de pães, vinhos, cervejas, entre outros. Além disso, os fungos também participam da produção industrial de ácidos orgânicos (ácidos cítrico, gálico, glucônico, oxálico, láctico, fumárico, itacônico, giberélico, ustilágico) e vitaminas (riboflavina, tiamina, ácido nicotínico, biotina, ácido pantotênico, ácido paraminobensóico). Não podemos esquecer que foi a partir de um fungo, o *Penicillus chrysogenum*, que o pesquisador A. Fleming descobriu, em 1929, o que viria a ser um dos mais importantes medicamentos do século XX, a penicilina.

Atualmente, já existem outras linhagens de antibióticos como a griseofulrina (*Penicillium griseofulum*) e cefalosporina (*Acremonium chrysogenum*). Dos fungos também são extraídas outras substâncias, como a ciclosporina (*Tolypocladium inflatum*), utilizada para evitar a rejeição dos órgãos em pacientes transplantados e a ergotamina (*Claviceps purpurea*), usada em medicamentos para problemas vasculares e hemorrágicos.

Os fungos, assim como as bactérias, são os organismos que atuam como decompositores na Natureza. Em outras palavras: eles se alimentam de compostos complexos, tais como a celulose e o amido, transformando-os em substâncias simples que podem ser absorvidas pelas plantas. Essas plantas são denominadas produtores primários. Como decompositores, eles vão atuar sobre a quase totalidade dos restos orgânicos encontrados na Natureza, não distinguindo entre uma árvore caída na floresta e a cerca de sua casa (sem tratamento químico) ou, ainda, entre o cadáver de um animal e uma carne que esteja mal armazenada em um frigorífico.

O QUE SÃO MICOSES?

Quem de nós já não teve ou conhece alguém que já teve aquelas manchinhas brancas que aparecem na pele após uma ida à praia? Pois é, aquelas manchinhas são causadas por fungos e podem ocasionar doenças que são conhecidas, genericamente, como micoses.

As micoses podem ocorrer no homem, animais domésticos e/ou gado. Elas são classificadas em: superficiais, cutâneas, subcutâneas e sistêmicas. As primeiras atacam apenas a camada superficial da pele ou a base dos pêlos (ex.: tinha negra e tinha branca, pitiríase). As cutâneas são causadas por fungos denominados dermatófitos, pois se restringem às camadas queratinizadas na pele, à unha e ao pêlo. Causam a dermatofitose chamada tinha. Na micose subcutânea, o fungo penetra no corpo do hospedeiro através de feridas, causando infecção nas camadas mais profundas da pele, podendo, até mesmo, contaminar os tecidos adjacentes. Exemplos de micoses subcutâneas são a esporotricose, o micetoma (tumor fúngico), a cromomicose, entre outros.

As micoses sistêmicas tendem a se iniciar nos pulmões; a partir daí, elas se disseminam pelo resto do corpo, como a histoplasmoze, coccidioidomicose, candidíase, criptococose e aspergilose.

Pessoas sensíveis podem desenvolver alergias devido à inalação de esporos de fungos presentes na atmosfera. Você sabe que existem cerca de 160 mil esporos em um metro cúbico de ar? Não podemos confundir alergias com a inalação de esporos de fungos, como o do *Histoplasma capsularum*, que é um fungo que se desenvolve nas fezes de morcegos no interior de cavernas. Ao ser inalado, o esporo desse fungo se instala no pulmão de pessoas contaminadas e ali se desenvolvem, causando uma doença que muitas vezes é difícil de ser detectada, a histoplasmose (micose sistêmica).

Os fungos podem causar doenças tanto em plantas quanto em animais. Dentre as doenças que os fungos podem causar nas plantas (fitopatologias) estão: o míldio, as ferrugens, as podridões, os carvões etc. No século XIX, na Europa, mais precisamente na Irlanda, cerca de 1 milhão de pessoas emigraram para os Estados Unidos devido à devastação das plantações de batata (base da alimentação dos irlandeses) por um fungo parasita chamado *Phytophthora infestans*. Essa passagem da história foi tão marcante que até virou filme em Hollywood, mostrando o drama da chegada desses emigrantes à cidade de Nova York. Outro exemplo é o fungo *Claviceps purpurea*, responsável pela morte de milhares de pessoas na Idade Média que ingeriram pão, cujo centeio estava contaminado com uma forma resistente do fungo, o esclerócio ou o esporão-do-centeio. Os sintomas das vítimas eram febre alta, convulsões, visões psicóticas (devido à presença de ácido lisérgico) e, em casos extremos, gangrena e até mesmo a morte.

Mas nem toda fitopatologia é ruim! O fungo do gênero *Ustilago* causa uma doença nas espigas de milho, denominada carvão. As espigas que contêm o fungo transmissor da doença são consideradas uma iguaria no México e na América Central.

E OS FUNGOS TÓXICOS? QUAL A DIFERENÇA ENTRE COMER UM ALIMENTO EMBOLORADO OU UM COGUMELO TÓXICO?

Os fungos podem apresentar substâncias tóxicas denominadas micotoxinas. Essas toxinas podem ser alcalóides, resinas ou peptídeos, dependendo da espécie de fungo que as produz. As intoxicações podem ter um longo período de incubação, neste caso, elas são graves e, muitas vezes, fatais, com o agravamento de problemas renais e hepáticos.

Por outro lado, as intoxicações podem ter um período curto de incubação, em que os sintomas surgem poucas horas depois da contaminação, como problemas digestivos, vasculares ou nervosos.

Devemos distinguir dois tipos de intoxicação. As *micotoxicoses* são intoxicações produzidas pela ingestão de alimentos que foram anteriormente invadidos por fungos. A quantidade de fungo que se ingere, nesse caso, geralmente é mínima. A causa da intoxicação tanto do homem quanto de animais está na toxina liberada pelo fungo que se encontra no substrato que utilizamos como alimento. Os *micetismos* são intoxicações ou envenenamentos causados pela ingestão de fungos do tipo macroscópico, como os cogumelos ingeridos isolados ou misturados com outros alimentos.

ABRANGÊNCIA DOS FUNGOS

Quais são os ambientes em que podemos encontrar fungos? Podemos encontrá-los no ar, no solo, nos detritos, na madeira e sobre rochas (fungos liquênicos). Aliás, os fungos podem ser encontrados em quase todos os ambientes, desenvolvendo-se onde existe umidade e matéria orgânica. Eles toleram uma ampla variação dos parâmetros ambientais, podendo crescer em florestas, regiões geladas (neve) ou mesmo no deserto. Além dos fungos terrestres, existem também os aquáticos, que crescem tanto em águas continentais quanto em ambientes marinhos e salobros.

NUTRIÇÃO

Uma vez que os fungos não são organismos clorofilados, eles necessitam de carboidratos, elaborados por outros organismos para sintetizar suas proteínas. Além disso, ainda são necessários ao seu metabolismo: água, minerais e vitaminas. Os elementos fundamentais para o desenvolvimento dos fungos são: carbono, oxigênio, hidrogênio, nitrogênio, fósforo e potássio. Eles necessitam também de **ELEMENTOS TRAÇOS** como: magnésio, enxofre, manganês, cobre, ferro e zinco.

ELEMENTOS TRAÇOS

São aqueles encontrados na Natureza em quantidades mínimas, embora sejam importantes para os organismos.

MODO DE VIDA DOS FUNGOS

Em função da amplitude de ambientes em que podem ser encontrados, os fungos apresentam diversas formas de obtenção do alimento. Assim, eles podem ser: sapróbios, parasitas, simbiontes e predadores.

- Sapróbios – ocorrem sobre substâncias orgânicas em decomposição, de origem animal ou vegetal; podem, inclusive, ocorrer em produtos alimentícios (industrializados ou não). Os fungos sapróbios atuam em inúmeros compostos orgânicos, como a celulose, hemicelulose, amido, gomas vegetais, parafinas e ligninas.

- Parasitas – dependem do hospedeiro para viver, absorvendo dele as substâncias que elabora. Podem ser de dois tipos:

- a) Ectoparasitas – quando o micélio vegetativo e reprodutivo fica localizado fora do hospedeiro, podendo ou não apresentar haustórios.

- b) Endoparasitas – quando o micélio se desenvolve dentro do tecido do hospedeiro, podendo o sistema reprodutivo estar localizado no interior ou no exterior do hospedeiro. As hifas podem ser intercelulares, se utilizarem os haustórios para penetrar nas células, ou intracelulares, se as hifas penetrarem nas células para absorver diretamente as substâncias necessárias para a nutrição do fungo.

- Simbiontes – dentre as simbioses que envolvem os fungos e outros organismos, duas ocorrem de forma expressiva na Natureza:

- a) Fungos líquênicos – são espécies capazes de se associar com microalgas (Cianobactérias e Clorofíceas). Nessa associação, ambos se beneficiam, já que podem ocorrer em ambientes em que nenhum dos dois existiria de forma isolada, como por exemplo, sobre rochas localizadas fora da água. Além disso, os fungos se beneficiam dos carboidratos produzidos pelas algas que, por sua vez, são favorecidas pela proteção que o talo dos fungos lhes fornece, impedindo a perda excessiva de água pela exposição ao ar e pela absorção de sais minerais realizada pelas hifas. Essa associação é bastante específica, já que uma espécie de fungo irá se associar a uma espécie de alga.

Quanto às formas dos talos dos fungos líquênicos, elas podem ser: gelatinosas, crustáceas, foliáceas, escamosas e arbustivas.

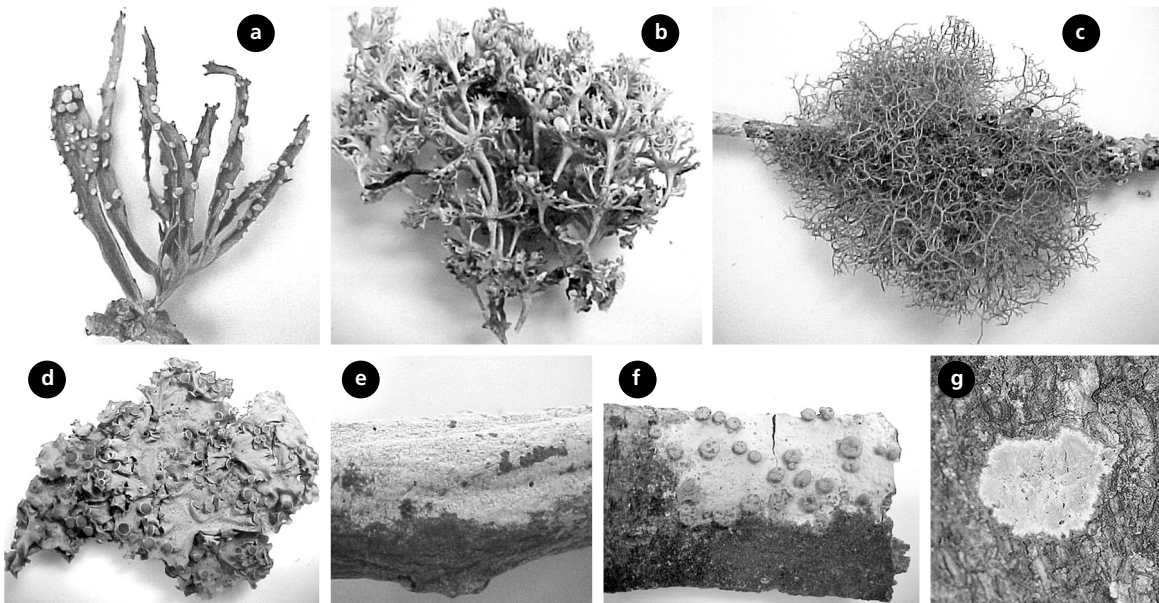


Figura 4.8: Diversidade de formas e cores dos fungos liquênicos: (a-c) talo arbustivo; (d) talo foliáceo e (e-g) talo crustáceo.

b) Micorrizas – são associações entre fungos e raízes de plantas vasculares. Nessa associação, a planta se beneficia da capacidade de absorção de água e nutrientes da trama de hifas e os fungos absorvem os carboidratos produzidos pela planta. Existem dois tipos de micorrizas: a endomicorriza e a ectomicorriza.

A endomicorriza ocorre em cerca de 80% das espécies de plantas vasculares, sendo especialmente mais expressiva em plantas típicas de regiões tropicais, em que o solo apresenta deficiência em fósforo. O fungo, geralmente um Zygomycotina, penetra nas células corticais das raízes e forma estruturas denominadas arbúsculos (ramificada) ou vesículas (arredondada). São nessas estruturas que ocorrem as trocas entre o vegetal e o fungo. No caso das ectomicorrizas, as hifas formam uma trama que envolve a raiz e se estende até o substrato. As hifas não penetram nas células do córtex da raiz, crescem apenas entre elas, formando uma rede. O grupo de fungo mais freqüente nessa associação é o Basidiomycotina. Também o Ascomycotina pode ser encontrado. Um bom exemplo desse tipo é a trufa (*Tuber*), um cogumelo altamente valorizado que cresce como uma ectomicorriza de raízes de carvalho.

- Predadores – algumas espécies de fungos, quando se encontram em um meio pobre em nutrientes (ex.: Deuteromycotina), são capazes de desenvolver estratégias para capturar pequenos organismos, como, por exemplo, nematódios. As hifas dessas espécies apresentam estruturas semelhantes a anéis ou laços, que, em segundos, são capazes de imobilizar um verme que passe entre as suas células. A captura pode ocorrer ainda pela eliminação de uma substância viscosa que restringe a movimentação da presa, permitindo o contato com as hifas e sua conseqüente absorção pelo fungo.

TODO COGUMELO É UM FUNGO, MAS NEM TODO FUNGO É CAPAZ DE FORMAR UM COGUMELO!

Os fungos se diferenciam em duas fases: a vegetativa e a reprodutiva.

A fase vegetativa é responsável pela manutenção do organismo, ou seja, realiza funções tais como crescimento e absorção de alimento. Geralmente, essa fase é filamentosa e microscópica. A propagação vegetativa ocorre através da fragmentação (fungos filamentosos) ou ainda da cissiparidade ou brotamento, no caso dos fungos unicelulares. Já a fase reprodutiva é responsável pela propagação do organismo, podendo se diferenciar em estruturas sexuadas ou assexuadas, em função das condições ambientais predominantes. A reprodução sexuada e a assexuada ocorrem por meio de diferentes tipos de esporos (endógenos ou exógenos).

Um exemplo de fungo que apresenta reprodução assexuada por esporos é o bolor do pão (ex.: Gênero *Aspergillus* e *Nigrospora*).

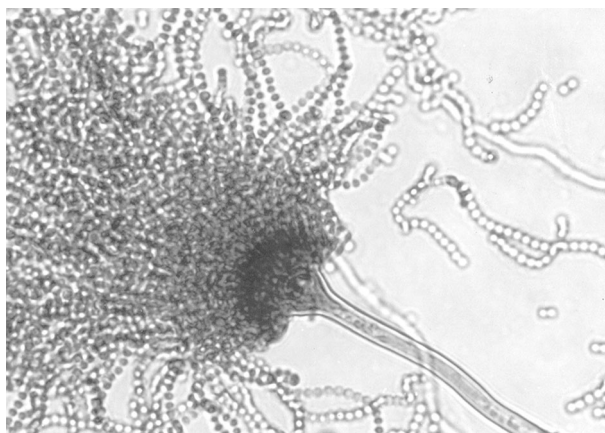


Figura 4.9: Estrutura produtora de esporos assexuados de *Aspergillus*.

Se observarmos atentamente um bolor, veremos que ele é composto de uma trama de hifas e de esporos. Nesse caso, os esporos são formados por mitose dos núcleos de células vegetativas. Já os cogumelos e orelhas-de-pau, que, com frequência, observamos nas árvores ou na grama, são exemplos de estruturas produtoras de esporos sexuados. Para que esses esporos sejam formados, deve haver a fusão do núcleo de duas células (reprodução sexuada). Quase todos os fungos se reproduzem por esporos assexuados, mas nem todos são capazes de se reproduzir sexuadamente, e nem todos formam cogumelos macroscópicos.



Figura 4.10: Estruturas produtoras de esporos sexuados em Basidiomycotina: (a) Classe Hymnomyces, Ordem Aphyllophorales; (b) Classe Hymnomyces, Ordem Auricillares; (c) Classe Hymnomyces, Ordem Agaricales; (d) Classe Gasteromyces.

COMO SE DIVIDEM OS DIFERENTES GRUPOS DE FUNGOS?

Os fungos, como vimos até agora, são bastante heterogêneos quanto à estrutura, forma, ocorrência e utilização. A classificação desses organismos está constantemente evoluindo, tendo em vista as modernas técnicas de microscopia e os recentes estudos quanto a sua fisiologia e morfologia. Embora não seja o mais moderno, adotaremos o sistema de classificação proposto por Hawksworth e colaboradores, em 1983, uma vez que, didaticamente, ele é um dos mais práticos e divulgados.

Os fungos pertencem ao Reino Fungi, apresentando duas Divisões. A Divisão Myxomycota e a Eumycota. Os fungos que não possuem hifa, parede celular ou septo separando as células e tem os esporos como únicas estruturas individualizadas pertencem à Divisão Myxomycota. Um exemplo desse tipo são as formas plasmodiais de vida livre também conhecidas como “fungos gosmentos”. A Divisão Eumycota engloba os chamados “fungos verdadeiros”. Estes organismos possuem parede celular e são, em sua maioria, filamentosos. Essa Divisão apresenta subdivisões que são separadas, inicialmente, pela ocorrência de hifa septada ou contínua. Os fungos com hifas contínuas pertencem à subdivisão *Mastigomycotina* e *Zygomycotina*. Os *Mastigomycotina* possuem esporos flagelados formados no interior de estruturas chamadas zoosporângios. Nos *Zygomycotina*, os esporos não são flagelados e se formam no interior dos esporângios.

Os *Basidiomycotinas*, *Ascomycotinas* e *Deuteromycotinas* pertencem às subdivisões de fungos com hifa septada. Os *Basidiomycotinas* formam estruturas produtoras de esporos sexuados do tipo cogumelo e orelhas-de-pau. Esses esporos se desenvolvem sobre células especiais denominadas *basídias* ou *basídios*. Já os *Ascomycotinas*, produzem seus esporos sexuados dentro de células denominadas *asco* ou *asca*. Suas estruturas produtoras de esporos são com frequência microscópicas, embora algumas possam ser macroscópicas como a *Morchella* e *Tuber* (trufa), ambas bastante apreciadas na culinária requintada.

Finalmente, os *Deuteromycotina*, também denominados fungos mitospóricos; tratam-se de fungos com hifas septadas que não possuem fase sexuada. Os fungos com hifa septada apresentam esporos assexuados exógenos, denominados *conídios*.

Obs.: Essa parte, relativa à reprodução dos fungos, você verá com mais detalhes, mais adiante.

QUADRO COMPARATIVO DAS SUBDIVISÕES DE FUNGOS DA DIVISÃO EUMYCOTA					
Subdivisão Características	MASTIGOMYCOTINA	ZYGOMYCOTINA	BASIDIOMYCOTINA	ASCOMYCOTINA	DEUTEROMYCOTINA
Tipo de hifa	Contínua	Contínua	Septada	Septada	Septada
Esporos assexuados	Esporos endógenos: zoosporos em zoosporângios	Esporos endógenos: esporangiósporos em esporângios	Esporos exógenos: conídios em conidióforos, acérvulos, picnídios e esporodóquios	Esporos exógenos: conídios em conidióforos, acérvulos, picnídios e esporodóquios	Esporos exógenos: conídios em conidióforos, acérvulos, picnídios e esporodóquios
Gametas/esporos sexuados	Gametas imóveis e desiguais zigoto = oosporo	Gametas imóveis e iguais zigoto = zigosporo	Gametas imóveis e iguais basidiósporos sobre basídias	Gametas imóveis e diferentes ascósporos no interior de ascas	Ausente
Importância	Produzem diversas doenças em vegetais, como: mildio, queima, ferrugens, mofos e estiolamento. São parasitas de plantas terrestres e aquáticas	Causam o apodrecimento e o mofo em frutas. São parasitas de animais e fungos, capazes de sintetizar diversos ácidos (lático, etílico, cítrico) e também esteróides	A classe Teliomycetes pode causar doenças em plantas (carvão e ferrugem). Demais classes têm representantes que causam a decomposição de madeira e outros substratos, além de diversos deles servirem de alimento (<i>champignon</i> de Paris, Shiitake, Hiratake)	Podem causar mofos diversos, além de atuarem na produção industrial de ácidos, álcool, enzimas, gordura, manitol e antibióticos. Alguns (trufa) podem ser utilizados como alimento	Podem causar mofos diversos, além de micoses no homem e animais. Causam ainda doenças em plantas (verrugose) e ainda podem ter uso industrial e farmacêutico (antibiótico)

RESUMO

Nesta aula, tratamos da diversidade de formas e cores dos fungos. Vimos ainda como esses organismos fazem parte de nosso cotidiano, seja pela sua ingestão direta (cogumelos comestíveis), seja por eles fazerem parte do processo industrial de diversos alimentos (cerveja e queijos) e medicamentos (vitaminas, esteróides, antibióticos e ciclosporina). Vimos ainda como o modo de vida de um fungo vai determinar sua forma de obtenção de alimento (fungos sapróbios, parasitas, predadores e simbioses). E, finalmente, verificamos as principais características das subdivisões dos fungos.

EXERCÍCIOS

1. Que tipo de estrutura ingerimos quando comemos um alimento embolorado e quando comemos um cogumelo?
2. Que benefícios trazem as micorrizas encontradas nas raízes de plantas vasculares?
3. Compare o processo de obtenção de alimento dos Eumycota e dos Myxomycota.

INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, você conhecerá a célula vegetal de organismos unicelulares e pluricelulares e seus principais componentes.

A célula vegetal

AULA

5

objetivos

Esperamos que, após o estudo da célula vegetal, nesta aula, você seja capaz de:

- Identificar os principais componentes de uma célula vegetal.
- Caracterizar a organização primitiva de um organismo vegetal unicelular.

Pré-requisitos

Para que você tenha um melhor aproveitamento desta aula, é necessário rever conceitos nas disciplinas Biologia Celular I e II, tais como: sistemas endomembranas; processos bioenergéticos (cloroplastos e mitocôndrias); tráficos de vesículas; núcleo; citoesqueleto; e junções celulares.

INTRODUÇÃO

As plantas terrestres são altamente complexas seja por sua estrutura seja pela relação desempenhada no ambiente. Muito dessa complexidade é proveniente de adaptações que garantiram a conquista do ambiente terrestre. Tais adaptações propiciaram proteção nesse novo ambiente, inóspito, isto é, a exposição do organismo vegetal vivo à atmosfera. Entretanto, as plantas terrestres precisaram desenvolver estruturas e órgãos com aptidões específicas que garantissem seu pleno funcionamento e desenvolvimento. Como exemplo desse fato, você pode observar que as raízes apresentam organização estrutural que auxilia a absorção da água; células e tecidos especializados em transportar essa água a longa distância do caule para as folhas; as folhas, que por sua vez assimilam o CO_2 ; as flores, que se encarregam da reprodução; e os frutos, envolvidos diretamente com a perpetuação das espécies. Assim, os organismos vegetais evoluíram, contrapondo-se às primeiras formas fotossintetizantes, que eram aquáticas e portadoras de uma organização menos rica e especializada.

Mesmo em face à imensa diversidade que se estabeleceu entre as formas de vida vegetal, e que você conhecerá ao longo desta disciplina, a célula vegetal, como você já sabe, é a unidade estrutural e funcional.

De uma forma bem básica, você pode reconhecer uma célula vegetal pela organização: parede celular, membrana plasmática envolvendo o citoplasma e tonoplasto delimitando vacúolos ou um vacúolo de grande dimensão.

Você irá reconhecer as inúmeras organelas na célula vegetal, já estudadas na Biologia Celular, envolvidas por membranas, que ocorrem no citoplasma e são suportadas e movimentadas pelo citoesqueleto, entre elas: aquelas ligadas ao metabolismo celular, como as mitocôndrias e os cloroplastos; o núcleo contendo DNA e nucléolo, recoberto pelo envelope nuclear; o sistema endomembranar, envolvido na síntese e no transporte de substâncias; e o retículo endoplasmático (RE), que é dividido em perinuclear e cortical.

Nesta aula, vamos focalizar as características básicas encontradas nas células vegetais e elementares na vida dos seres autotróficos.

CÉLULA VEGETAL X CÉLULA ANIMAL

Comparando a célula vegetal com a célula animal, você observa que as estruturas celulares são, fundamentalmente, idênticas. Assim, tanto a célula vegetal como a animal são limitadas pela membrana plasmática, freqüentemente chamada plasmalema; ambas possuem no seu interior: citoplasma, citoesqueleto, núcleo, nucléolo, mitocôndrias, ribossomos, retículo endoplasmático, complexo de Golgi e citoesqueleto. Contudo, a célula vegetal difere da animal em vários aspectos. Nesta aula, vamos tratar dos atributos exclusivos da célula vegetal, ou seja, das células dos organismos fotossintetizantes como parede celular, incluindo os vacúolos, plastídios e plasmodesmas (Figura 5.1).

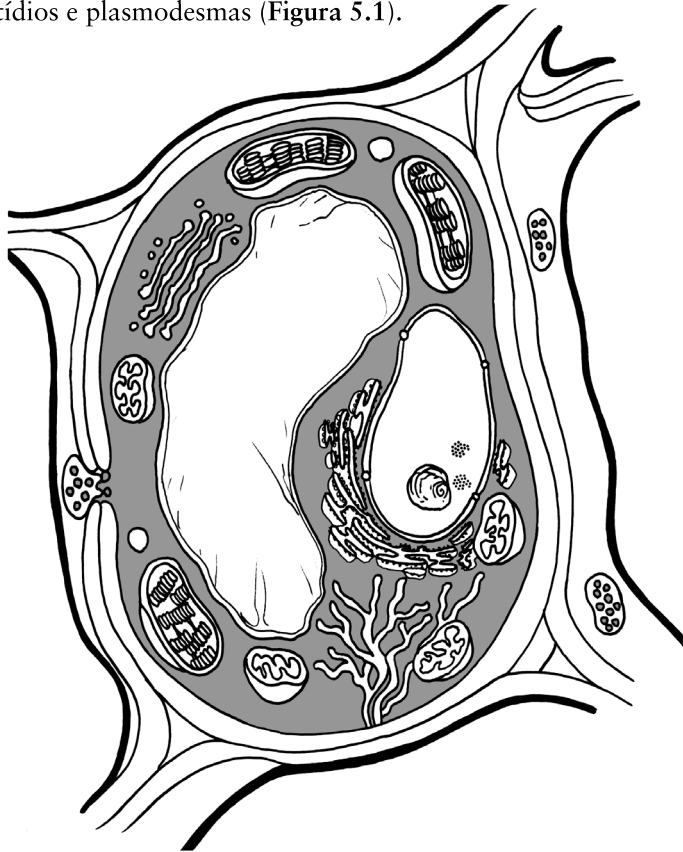


Figura 5.1: Esquema da célula vegetal.

Todas as células vegetais diferenciadas originam-se de células meristemáticas, caracterizadas pela presença de citoplasma denso e localizadas em porções apicais e meristemas laterais (você saberá mais sobre esse assunto na próxima aula).

Ao microscópio óptico, somente a parede celular e organelas grandes, como os cloroplastos, podem ser observadas.

A PAREDE CELULAR

A parede celular, que envolve externamente o protoplasto, ou seja, a membrana plasmática e o citoplasma, é uma estrutura característica da célula vegetal (você já estudou esse assunto na Biologia Celular II, mas é sempre bom lembrar). A parede celular é formada nos primeiros estágios do desenvolvimento da célula, determinando, em grande parte, o tamanho e a forma da célula. Essa parede é uma estrutura permeável à água e a várias substâncias. Durante muito tempo, foi considerada uma estrutura inerte, cuja única função seria de conferir forma à célula. Porém, a parede celular é também parte dinâmica da célula vegetal.

O crescimento e o desenvolvimento das células vegetais dependem da organização da parede celular. Esta é produto das atividades de síntese do protoplasto e se difere em espessura, composição e propriedades físicas em diferentes células, de acordo com sua função desempenhada. Por ser rígida, a parede celular limita o tamanho do protoplasto, evitando a ruptura da membrana plasmática quando, devido à entrada de água na célula, o protoplasto aumenta consideravelmente de tamanho.

A parede celular contém uma variedade de enzimas que desempenham importantes papéis na absorção, transporte e secreção de substâncias nas plantas. Além disso, a superfície das plantas em contato com o ambiente é delimitada por uma parede celular denominada parede periclinal externa. Essa parede se distingue de todas as demais pela presença de uma camada contínua, predominantemente lipídica, depositada sobre sua superfície externa (a camada lipídica é chamada cutícula e você estudará detalhadamente esse assunto na Aula 7). A parede periclinal externa, presente em todas as células da superfície da planta, possui a função de manter água e solutos no interior da célula e os invasores no exterior.



Se a parede determina, em grande parte, o tamanho e a forma da célula, então, como você acha que ocorre o crescimento da célula vegetal? Através de um desequilíbrio osmótico provocado por uma pressão hidrostática interna grande (pressão de turgor), que empurra para fora a parede celular do mesmo modo que uma câmara de ar empurra o pneu. Essa pressão é a força principal para expansão celular durante o crescimento e a parede celular é responsável pela rigidez mecânica dos tecidos vegetais.

A estrutura da parede celular é rígida, constituída por moléculas de polissacarídeos unidas entre si – a celulose, que fica imersa em uma matriz composta de polissacarídeos não-celulósicos; hemicelulose e pectina.

A celulose é uma molécula altamente resistente, considerada a força tensora da parede celular e composta de uma cadeia linear de resíduos de glicose ligados covalentemente, um com o outro, por ligações do tipo β -1,4 (Figura 5.2). Essas moléculas interagem entre si, formando microfibrilas de celulose pelas pontes de hidrogênio intermoleculares.

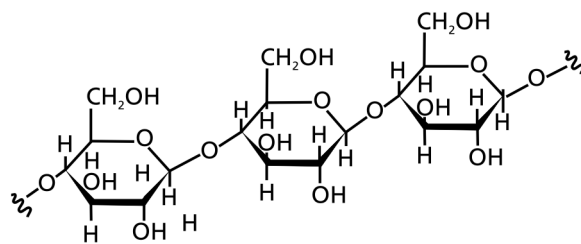


Figura 5.2: Estrutura da molécula de celulose. A ligação β -1,4 produz longas moléculas lineares. Você já viu essa figura na Biologia Celular II, Aula 9.

A hemicelulose faz parte de um grupo heterogêneo de polissacarídeos que se ligam fortemente à superfície de cada microfibrila de celulose formando junto com as pectinas uma rede complexa. As pectinas são moléculas carregadas negativamente devido à presença de um grande número de resíduos de ácido galacturônico em sua estrutura. São, também, não-lineares porque possuem ligações 1-2 ao longo da molécula. Muitas outras substâncias são encontradas nas paredes celulares, entre elas, lignina, proteínas e lipídios. Como exemplo, uma das mais importantes proteínas na estrutura da parede é a extensina, que confere rigidez à parede (Figura 5.3).

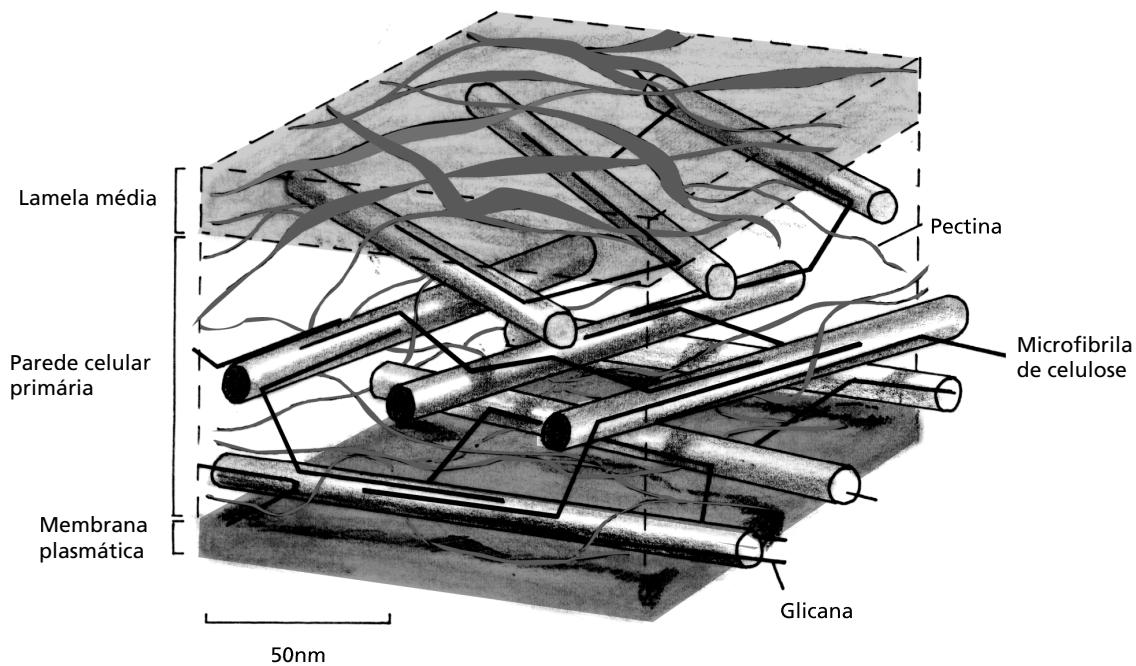


Figura 5.3: Esquema da estrutura da parede celular.

A parede celular primária é, geralmente, homogênea, sendo sua primeira camada constituída por deposição de microfibrilas por arranjo entrelaçado. Após instalação da primeira camada, as próximas serão dispostas por arranjo desordenado, delimitado pela mudança de orientação das microfibrilas de celulose. A organização cortical dos microtúbulos pode determinar a orientação das microfibrilas de celulose recém-depositadas, e por sua vez, definir como a célula vai se expandir, ou seja, a organização dos microtúbulos determina a forma final da célula e, também, os futuros padrões de divisão celular. Em meio a duas células vizinhas, na região de contato entre as paredes primárias, há uma camada formada de compostos pécticos, denominada lamela média. Esta camada funciona como um tipo de cimento, unindo as células vizinhas.

Nas plantas vasculares, a parede celular pode ser formada por duas paredes: a parede primária e a secundária. A primária, descrita anteriormente, como o próprio nome indica, é a primeira a se formar. Mas, caso seja necessário, a célula com este tipo de parede poderá voltar a crescer, ou se dividir novamente. A parede secundária sucede a primária,

inviabilizando qualquer possibilidade de expansão ou crescimento da célula. Ela é formada também por sucessivas camadas de celulose e hemicelulose e possui um teor de água reduzido, devido à deposição de lignina que é um polímero hidrofóbico.

Apesar da grande capacidade de resistência que a parede celular confere à célula vegetal, os protoplastos de células adjacentes não estão completamente isolados uns dos outros: eles estão ligados entre si por meio de junções celulares comunicantes, chamadas plasmodesmas (Figura 5.4), (você já estudou esse tipo de junção celular em Biologia Celular II, lembrou?). Por intermédio desses canais citoplasmáticos, ocorrem trocas de substâncias entre as células vizinhas através de uma estrutura tubular fina, conhecida como desmotúbulo, que está ligada ao retículo endoplasmático. Essa estrutura é fundamental aos processos de sinalização celular e, também de redistribuição de nutrientes. Nessas áreas são encontrados os plasmodesmas. Quando a parede celular secundária é formada, cresce em espessura em determinadas áreas, e é interrompida no processo de deposição de mais celulose. Tais discontinuidades, mantidas abertas, são denominadas pontuações.



Figura 5.4: Fotomicrografia eletrônica de transmissão da parede celular de uma célula da folha. Observe plasmodesmas (setas).

A MEMBRANA PLASMÁTICA OU PLASMALEMA

A membrana plasmática vegetal, assim com nas células animais, é uma verdadeira barreira de permeabilidade seletiva, ou seja, controla a passagem de íons e pequenas moléculas, impedindo a troca indiscriminada de substâncias presentes no exterior celular com o interior do citosol. As membranas são compostas por bicamada lipídica, na qual várias proteínas de membranas estão inseridas, formando bombas moleculares, enzimas e outros componentes estruturais. Você já parou para pensar, como é possível que a membrana plasmática funcione tão seletivamente? Se você não lembra, dê uma paradinha aqui e reveja as aulas de membrana, principalmente a Aula 9 de Biologia Celular II.

O CITOPLASMA

A célula vegetal típica é formada pela parede celular (como foi visto em tópicos anteriores) e pelo protoplasto (unidade de protoplasma contida na parede celular). Este consiste no citoplasma e no núcleo envoltos por membrana plasmática.

O citoplasma contém uma grande variedade de moléculas e complexos moleculares, como, por exemplo, ribossomos e estruturas envolvidas por membranas, chamadas organelas. A matriz citoplasmática ou citosol das células vegetais está freqüentemente em movimento, conhecido como ciclose ou corrente citoplasmática.

O NÚCLEO

O material genético das células vegetais, como dos animais, é primariamente encontrado no núcleo. O núcleo interfásico é envolto por um envelope composto por duas membranas. Essas são separadas pelo espaço perinuclear, mas confluentes nas margens dos poros nucleares. Em células meristemáticas, o núcleo pode ocupar mais da metade do volume do protoplasto, porém, esta relação cai rapidamente com o aumento do tamanho da célula e fusão de pequenos vacúolos, formando um vacúolo grande e central, característico das células vegetais. O núcleo, muitas vezes, apresenta-se lobado e alongado. No final da divisão celular, onde

a cromatina, gradualmente, torna-se dispersa e os cromossomos passam a não ser mais percebidos, o núcleo volta a ser envolvido por membrana e o nucléolo reaparece em todas as células; enquanto nas células vegetais, a nova placa celular (nova parede celular) separa as duas novas células.

O RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO (RE)

Nas plantas, o sistema endomembranar ramificado exhibe forma de cisternas. Ele é delimitado por uma única membrana, a qual se apresenta contínua com o envelope nuclear e com a porção central (desmotubular) dos plasmodesmas. Grande parte dos componentes protéicos e lipídicos encontrados nas membranas são manufaturados no RE.

No RE rugoso, a superfície externa da membrana é associada a ribossomos. As proteínas sintetizadas pelos ribossomos podem acumular-se no lúmen do RE ou podem ser transportadas para outras regiões da célula.

O RE liso não possui ribossomos e está particularmente relacionado com a síntese de lipídios.

O COMPLEXO DE GOLGI

Nas plantas, é conhecido como dictiossomo e compreende um grande número de sacos empilhados com 1 a 2 μ m de diâmetro, conhecidos como cisternas. As margens são, freqüentemente, ramificadas com um grande número de vesículas brotando. Nas células vegetais, a maioria dessas organelas está envolvida com a síntese e secreção de polissacarídeos da parede celular, sendo transportados pelas vesículas trans-Golgi para a superfície da célula (você não se lembra do que é trans-Golgi! Não se lembra da estrutura do Golgi? Hora de dar uma paradinha para rever a Aula 16 de Biologia Celular I).

VAMOS INTERPRETAR AGORA O SISTEMA ENDOMEMBRANAR VEGETAL E INCLUIR O VACÚOLO COMO SEU CONSTITUINTE

Nas células animais e vegetais, o sistema endomembranar se comunica através de vesículas (reveja tráfego intracelular de vesículas, Aula 25 de Biologia Celular I). Nas células meristemáticas (células indiferenciadas, que você irá estudar na próxima aula), as membranas

do RE são relativamente escassas e o citosol apresenta inúmeros ribossomos livres. Já nas células diferenciadas, geralmente especializadas da planta, o RE é abundante, formando túbulos que podem estar localizados na periferia do núcleo ou no córtex da célula.

Assim, como nas células animais, nas células vegetais, o complexo de Golgi é essencial para a secreção. Nas suas cisternas, são processados e concentrados os produtos de secreção que podem ser liberados para o exterior. Com isso, podemos mencionar uma importante função desse sistema nas plantas; a participação do complexo de Golgi na formação da parede celular. Outro exemplo é a célula secretora que sintetiza a mucilagem e que possui uma abundância de vesículas surgindo do complexo de Golgi. Além disso, os componentes do complexo de Golgi servem também para o transporte de certas proteínas de reserva, como a vicilina e a legumina, encontradas nos cotilédones de algumas leguminosas e da zeína, no endosperma do milho. Essas proteínas localizam-se em organelas especiais, denominadas corpos protéicos.

Na maioria das células vegetais existe um ou mais compartimentos chamados vacúolos, que são limitados por uma membrana denominada tonoplasto. Os vacúolos são incluídos no complexo endomembranar devido às inúmeras funções que desempenham, servindo de depósitos de nutrientes, e, algumas vezes, por se comportarem como lisossomos. Vamos entender agora como isso se processa.

O VACÚOLO

O vacúolo grande e central, característico da maioria das células vegetais, representa entre 10 e 90% do volume total do citoplasma, o que reduz o citosol a uma fina camada abaixo da membrana plasmática. Esse compartimento interno envolvido pelo tonoplasto é preenchido por uma solução aquosa composta por vários sais dissolvidos, açúcares, diversos pigmentos, como, por exemplo, a antocianina e ácidos orgânicos.

O tonoplasto é composto por membrana com dupla camada lipídica e proteínas embebidas, como na membrana plasmática, que mantém a homeostase iônica entre o citoplasma e os nutrientes transportados ao vacúolo.

Os vacúolos possuem um importante papel na expansão celular e na manutenção e rigidez do tecido (você não entendeu, então volte ao tópico de parede celular!). Além disso, muitos vacúolos estão envolvidos na quebra de macromoléculas e na reciclagem desses componentes no interior da célula, determinando sua inclusão no sistema endomembranar.



O crescimento do organismo em decorrência do aumento em volume celular – alongamento celular –, ocorre apenas nas plantas. Nos animais, o crescimento se dá exclusivamente por divisão celular. Por essa razão é que a carne é rica em proteínas. Nas plantas, em contraste, apenas as células meristemáticas, como as das sementes de germe do trigo, as das nozes, as dos brotos de bambu ou a do palmito, possuem alto teor de proteínas; enquanto, as células adultas são ricas em açúcares e substâncias minerais.

OS PLASTÍDIOS

Como você já aprendeu, os plastídios são organelas características das células vegetais. Eles apresentam diferentes papéis fisiológicos na planta e são classificados, em parte, com base no tipo de pigmento portado. Seu precursor possui de 1-2µm de comprimento e apresentam formas circulares ou lobadas, com poucas membranas internas, denominado proplastídios. Estes ocorrem em células meristemáticas, durante o processo de crescimento e diferenciação das derivadas. A partir daí, ocorre o crescimento e o desenvolvimento de diferentes tipos de plastídios de acordo com os tecidos e órgãos da planta.

Assim, vamos encontrar vários tipos de plastídios nas células vegetais:

- cloroplastos, que apresentam como pigmentos a clorofila e os carotenóides;
- cromoplastos, que contêm pigmentos carotenóides; e
- leucoplastos, que não possuem pigmentos.

Todos os plastídios são envolvidos por dupla membrana: a membrana externa que é contínua e a membrana interna, que via de regra, apresenta invaginações para o interior do lúmen (estroma). O estroma, que é a matriz limitada por essa membrana dupla, contém ribossomos e DNA circular, os quais são distintos daqueles presentes no núcleo. Podemos encontrar ainda amido e gotas de lipídios. As membranas internas que ocorrem no estroma formam configurações complexas, como você vai ver a seguir.

Cloroplastos

Os cloroplastos são extremamente importantes no processo de fotossíntese. São esses plastídios com clorofila que utilizam a energia luminosa para converter o dióxido de carbono e água em carboidratos como a glicose; ou seja, os cloroplastos contêm as enzimas necessárias para realizar a fotossíntese. Esse pigmento verde, a clorofila, é uma molécula vital com o papel de absorver energia luminosa (como você viu em Biologia Celular I).

Na maturidade, essas organelas apresentam-se ovaladas e envoltas por uma membrana dupla. Medem entre 5 a 10 μm de comprimento e no mesofilo podemos encontrar células com mais de 50 cloroplastos. As membranas externa e interna são separadas por espaço de 10 a 20nm.

No interior de um cloroplasto, você vai observar um conjunto diferenciado de membranas em forma de lamelas, que são os tilacóides. Estes constituem placas circulares achatadas, que, em uma primeira observação, assemelham-se a moedas empilhadas. Essas membranas são, predominantemente, orientadas paralelamente entre si ao longo do maior eixo do plastídio.

O componente protéico majoritário do estroma é a enzima ribulose difosfato carboxilase. No estroma, são encontrados, freqüentemente, amido – que representa estoque temporário do excesso de carboidratos – e plastoglóbulos – que possuem diversos pigmentos, como a fitoferretina. Nas algas, essa organela apresenta-se de diversas formas ocupando grande parte da célula, como você verá mais adiante.

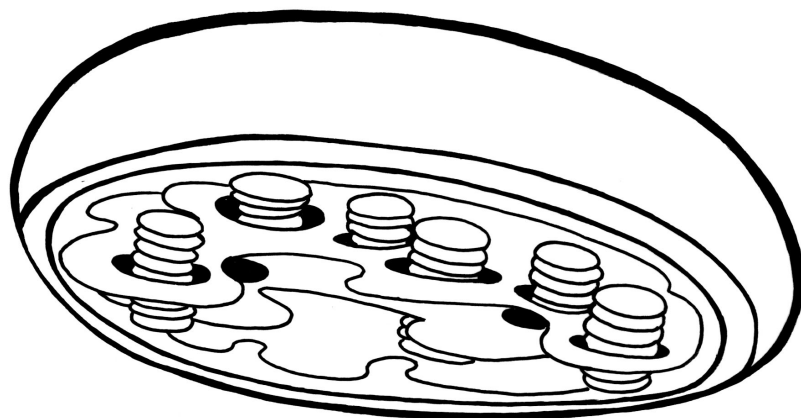


Figura 5.5: Cloroplasto.

Etioplastos

Nos Fanerógamos que crescem em presença de luz, os proplastídios rapidamente se diferenciam em cloroplastos, mas, em ambientes escuros, são os etioplastos que se desenvolvem. Esses possuem um elevado sistema de membranas – conhecido como corpo prolamelar – com lamelas dispostas radialmente. Entretanto, em presença de luz, o etioplasto rapidamente se diferencia em sistema granar.

Amiloplastos

Em células do parênquima, a deposição de amido ocorre em amiloplastos e consiste em uma proporção variável de amilose e amilopectina. Esses carboidratos se depositam em camadas concêntricas que podem ser vistas ao microscópio óptico. Os amiloplastos encontrados em um tubérculo de batata, por exemplo, alcançam 20 μ m de comprimento e seu desenvolvimento dentro dos plastídios causa rompimento da membrana e sua liberação no citosol. Quando o amido armazenado no cotilédone é utilizado no processo de germinação, sua absorção inicia-se no centro do grão. Em células da coifa, na região nodal e em outras regiões apresentam grande sedimentação de amiloplastos, e estão relacionados à percepção da gravidade. Amilocloroplastos são comuns em caules jovens que exibem tilacóides e depósitos de amido.

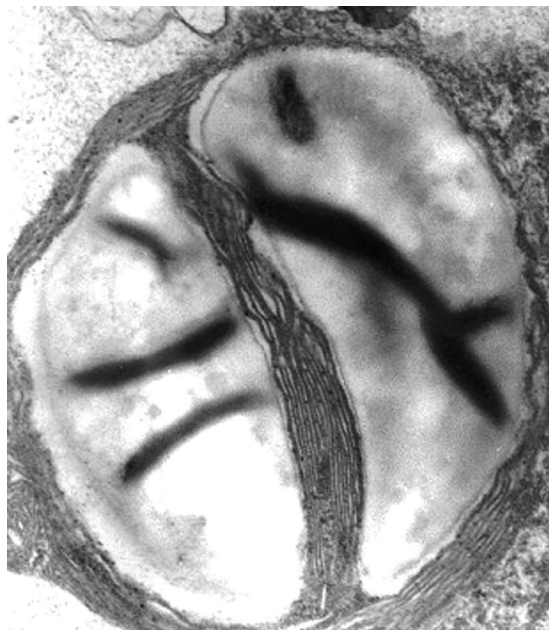


Figura 5.6: Amiloplasto.

Cromoplastos

São os plastídios com pigmentos amarelos, vermelhos ou laranjas. São designados cromoplastos e acumulam uma variedade de pigmentos carotenóides. Estes apresentam forma globular ou cristalina e são responsáveis pela cor de flores e frutos.

A mudança na cor das folhas anterior ao outono é causada pela degeneração de membranas tilacóides nos cloroplastos com acumulação relativa de carotenóides em plastoglobulos.

Leucoplastos

Na epiderme de caules verdes e no mesofilo de folhas variegadas (você se lembra de como são essas folhas? São aquelas manchadas!) podem ocorrer leucoplastos não - pigmentados. Esses plastídios possuem poucas membranas internas e pouco ou nenhum amido.

AS MITOCÔNDRIAS

A respiração ocorre no interior dessas organelas e, tal como os plastídios, exibem DNA circular e ribossomos. As mitocôndrias são circulares, elípticas ou de forma irregular. São delimitadas pela presença de duas membranas; a externa é contínua e possui elevado conteúdo de lipídios; a interna exibe invaginações para o interior da matriz formando as cristas mitocondriais. Contém enzimas da cadeia de transporte de elétrons. O ciclo de Krebs ocorre na matriz mitocondrial delimitada pelas membranas. Em tecidos ativos metabolicamente, como, por exemplo, nas células companheiras do floema, as cristas mitocondriais são mais desenvolvidas.

Agora, atenção! Embora, as células seccionadas em preparações histológicas exibam grande número de mitocôndrias, essas estruturas, aparentemente separadas, podem representar uma única mitocôndria polimórfica.

OS MICROCORPOS

Essas organelas pequenas, envoltas por membrana simples, podem ser de dois tipos nas células vegetais: peroxissomos (**Figura 5.7**) ou glioxissomos. Os primeiros têm um papel importante na fotorrespiração, já que eles possuem uma variedade de enzimas que catalisam a oxidação

de uma molécula de glicolato sintetizado no cloroplasto. A oxidação do glicolato consome O_2 e produz H_2O_2 e glioxilato. Logo em seguida, no peroxissomo, a catalase detoxifica o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e o reduz à água; e o glioxilato é convertido em glicina, que, por sua vez, será metabolizada nas mitocôndrias.

Resumindo, nos vegetais, essa organela, geralmente, está intimamente associada aos cloroplastos e às mitocôndrias.

A germinação das sementes necessita da degradação de lipídios acumulados no endosperma. Os glioxissomos são microcorpos envolvidos na conversão desses lipídios, armazenados durante a germinação; esses microcorpos possuem enzimas que catalisam a quebra de ácidos graxos, promovendo a liberação de energia enquanto o peróxido de hidrogênio produzido é quebrado pela peroxidase.

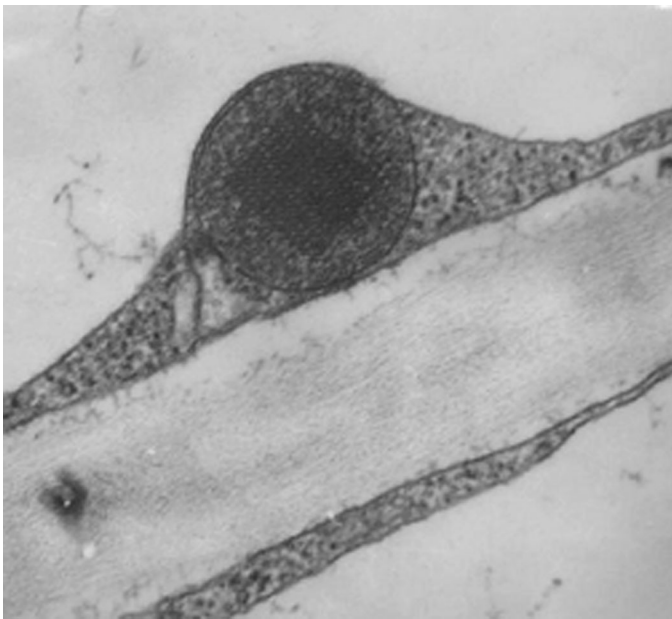


Figura 5.7: Peroxissomo com cristal no citoplasma periférico na folha de *Chamaesyce thymifolia* (Euphorbiaceae).

O CITOESQUELETO

Nas células vegetais, o citoesqueleto é composto por uma complexa rede de filamentos de proteína: os microtúbulos e os filamentos de actina. Os microtúbulos são estruturas cilíndricas finas, podendo atingir vários micrômetros de comprimento. Sua importância pode ser notada em várias etapas do desenvolvimento e no funcionamento da célula vegetal:

- na divisão celular – desde quando a célula assume a estrutura típica de fuso mitótico até o término da mitose, os microtúbulos guiam as vesículas dos dictiossomos para região equatorial do fuso, onde as mesmas se fundem para formar a placa celular;
- no crescimento da parede celular – sugere-se que microtúbulos periféricos estejam relacionados com a orientação das microfibrilas de celulose que são depositadas na face externa da membrana plasmática para a formação da parede;
- nos movimentos de flagelos que ocorrem em um grupo de algas, como você verá a seguir.

Os filamentos de actina são longos, ocorrendo isoladamente ou em feixes. Na alga verde *Nitella*, esses têm sido relacionados a correntes citoplasmáticas e, em tubos polínicos, estão relacionados ao direcionamento de vesículas para síntese da parede no ápice do tubo (você quer fazer uma boa revisão sobre citoesqueleto? Dê uma olhadinha nas Aulas 21, 22, 23 e 24 da disciplina Biologia Celular I).

Vamos voltar às células isoladas!
Nelas, é possível observar uma organização bem primitiva executando todas as funções necessárias para a sua sobrevivência. Dessa forma, escolhamos uma alga verde, denominada *Chlamydomonas*, que ocorre em água doce de locais com alto teor de nitrogênio. Podem ainda, ser encontradas em brejos, pântanos e, com menor frequência, no mar.

COMO SE ORGANIZAM OS SERES UNICELULARES?

O gênero *Chlamydomonas* é constituído por aproximadamente 400 espécies. Seu corpo é móvel e formado apenas por uma célula eucariótica que raramente excede 30µm de comprimento. Contém uma membrana plasmática que envolve o citoplasma com suas organelas e o núcleo. O protoplasma contém um único plastídio (cloroplasto), em forma de taça, no qual os tilacóides se empilham formando grana irregulares. Também ocorrem uma ou mais mitocôndrias e em um dos lados do cloroplasto localiza-se o pirenóide, que é um corpo amilo-proteináceo, comum nas algas com cloroplasto; ele contém a enzima que incorpora o CO₂ em ribulose difosfato, que constitui o passo inicial na absorção do carbono atmosférico – como você verá na aula de fotossíntese (Aula 28). Acima ou abaixo do cloroplasto possui um corpo granular fotossensitivo denominado estigma, de cor alaranjada.

Diferentemente das células de vegetais superiores, a *Chlamydomonas* possui dois flagelos iguais localizados no ápice da célula. Na base de tais flagelos, existem dois vacúolos contrácteis que liberam seus conteúdos em curto intervalo de tempo, desempenhando um papel importante na osmorregulação celular. (Figura 5.9).

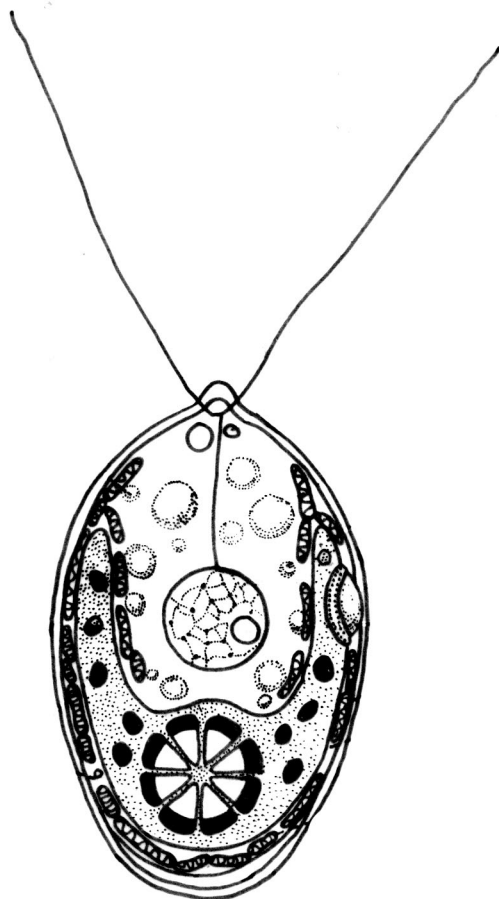


Figura 5.9: *Chlamydomonas*.



Na Biologia, a alga *Chlamydomonas* é largamente estudada, principalmente em filogenia, em reprodução e, atualmente, na síntese do RNA e de proteínas.

RESUMO

A organização de um organismo fotossintetizante depende das tarefas que ele desempenha. Muito dessa complexidade é proveniente da conquista do ambiente terrestre pelos vegetais.

A célula vegetal é a unidade estrutural e funcional dos organismos fotossintetizantes. Os menores organismos vivos compõem-se de células isoladas e livres; já os maiores são constituídos por bilhões de células diferentes. A célula vegetal mostra organização com parede celular e membrana plasmática envolvendo o citoplasma. Nesse citoplasma são encontrados organelas envolvidas por membranas, suportadas e movimentadas pelo citoesqueleto; núcleo com DNA e nucléolo, recobertos pelo envelope nuclear; e sistema endomembranar envolvido em síntese e transporte. O retículo endoplasmático (RE) dividido em perinuclear e cortical. Na célula vegetal, são encontradas também organelas ligadas ao metabolismo celular como mitocôndrias e cloroplastos; e vacúolos, ou, na maioria das vezes, um grande vacúolo que ocupa grande parte da célula.

EXERCÍCIOS

1. Esquematize uma célula vegetal indicando suas respectivas estruturas.
2. Explique três funções da parede celular dos vegetais superiores, relacionando-as com os aspectos morfológicos determinantes ou fundamentais para estas funções.
3. O que são proplastídios?
4. Quais as funções dos vacúolos?

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, você estudará as células meristemáticas. Você terá a oportunidade de colocar em prática seus conhecimentos sobre a célula vegetal. Mas, não se esqueça de que o tecido que você irá conhecer tem características próprias de células indiferenciadas que originam todas as outras células do corpo vegetal.

Meristemas

AULA

6

objetivos

Após a leitura atenta desta aula, espera-se que você esteja capacitado a:

- Entender a origem dos tecidos vegetais através do reconhecimento dos centros de produção de novas células nas plantas, os meristemas.
- Classificar os meristemas vegetais quanto a sua localização e origem.
- Compreender a importância dos meristemas, não apenas para o crescimento dos vegetais, como também para a cicatrização de injúrias sofridas pelas plantas.

Pré-requisito

É preciso que você tenha pleno conhecimento sobre a estrutura da célula vegetal apresentada na Aula 5, para melhor compreender esta aula.

INTRODUÇÃO

O termo **CÉLULA INICIAL** é utilizado para denominar a célula que se divide repetidamente; no entanto, ela mesma permanece meristemática. A **CÉLULA DERIVADA**, ao contrário, pode sofrer novas divisões, porém prosseguirá seu desenvolvimento passando pelos processos de alongamento e diferenciação. Como já sabemos, o crescimento vegetal envolve três etapas distintas: divisão celular, alongamento ou expansão celular e diferenciação celular. O processo de diferenciação ocorre associado ao alongamento celular e consiste no fato de que células de idêntica constituição genética se tornam diferentes entre si e também daquelas meristemáticas – iniciais – que as originaram.

Ao contrário dos animais, os vegetais apresentam regiões específicas de crescimento, que permanecem ativas durante toda sua existência. Essas regiões recebem o nome de **meristemas** e constituem áreas de intensa atividade mitótica que são delimitadas durante o desenvolvimento embrionário. Sua organização básica é estabelecida e o processo de divisão celular iniciado, indo se perpetuar ao longo de toda a vida da planta.

O termo meristema é utilizado para denominar o conjunto de células que se dividem repetidamente, permanecendo sempre em estágio embrionário. Assim, nos meristemas, após cada divisão, uma das células-filha permanece meristemática, enquanto a outra se tornará uma nova célula do corpo vegetal. As que permanecem são denominadas **CÉLULAS INICIAIS** e aquelas que irão constituir as do corpo vegetal caracterizam-se como **CÉLULAS DERIVADAS**.

Diferentes tipos de meristemas são encontrados nas plantas. Quanto à origem, classificam-se em:

- **primários** – quando se originam de células embrionárias;
- **secundários** – quando se originam de células já diferenciadas.

Os meristemas também podem ser divididos quanto a sua localização em: **apicais, laterais, intercalar, de abscisão e de cicatrização**, como veremos a seguir.

MERISTEMAS APICAIS OU PRIMÁRIOS

Durante o desenvolvimento do embrião, as células de duas regiões específicas passam a se dividir continuamente e serão responsáveis pela formação da nova planta: são os meristemas apicais de caule e de raiz (**Figura 6.1**). Eles se caracterizam por promoverem o crescimento em extensão ou longitudinal do vegetal, também denominado, **crescimento primário**.

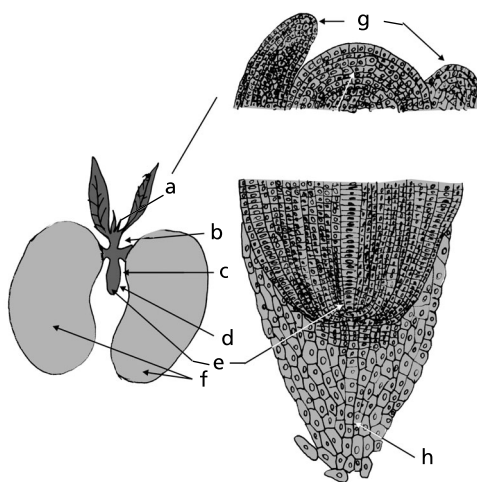


Figura 6.1: Embrião de *Phaseolus vulgaris* (feijão) destacando os meristemas apicais do caule e da raiz, responsáveis pela formação da nova planta. (a) meristema apical do caule; (b) epicótilo; (c) hipocótilo; (d) radícula; (e) meristema apical da raiz; (f) cotilédones; (g) primórdios foliares; (h) coifa (adaptado do livro *Anatomia Vegetal*, Fahn, A. 1974).

Na porção terminal do meristema apical da raiz ou do caule, localiza-se o **promeristema** (Figuras 6.2.a e b), que constitui uma massa de células indiferenciadas reunindo as células iniciais e suas derivadas imediatas.

As células do promeristema apresentam:

- contorno isodiamétrico;
- núcleo grande;
- citoplasma denso;
- número reduzido de vacúolos.

Alguns estudos têm constatado certa inatividade das células iniciais, localizadas na região central do meristema apical, tanto de raiz como de caule, e intensa atividade mitótica a uma pequena distância dessas células. Assim, o promeristema é constituído por um corpo de células iniciais centrais, que chamaremos de **centro quiescente**, e pelas camadas celulares periféricas que se dividem ativamente. Verifica-se que os centros quiescentes são ativados apenas em situações de lesão dos meristemas apicais ou de estresse da planta.

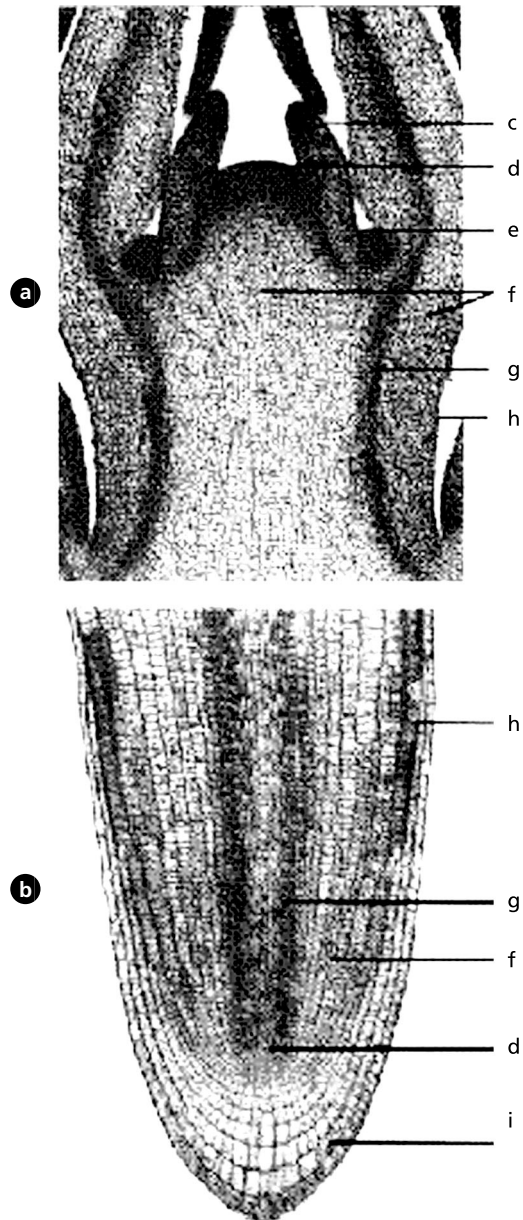


Figura 6.2: Seções longitudinais dos ápices de caule e raiz de *Coleus sp.* (a) meristema apical do caule; (b) meristema apical da raiz; (c) primórdio foliar; (d) promeristema; (e) primórdio da gema axilar; (f) meristema fundamental; (g) procâmbio; (h) protoderme; (i) coifa (adaptado do livro *Biologia Vegetal*, Raven, P. H.; Evert, R. F. & Eichhorn, 2001).

Mesmo as camadas periféricas do promeristema que se dividem ativamente, apresentam variações na distribuição das mitoses e no grau de aumento do volume celular. Essas variações evidenciam a primeira etapa da diferenciação das células que constituirão o corpo vegetal. Inicialmente, surgem sucessivas divisões anticlinais na camada celular mais externa ao embrião, originando a **protoderme** (Figura 6.2). Paralelamente, mudanças progressivas no grau de vacuolização e de densidade dos protoplastos das células no interior do embrião vão resultar na distinção entre o **procâmbio**, que apresenta células menos vacuolizadas e mais densas e o **meristema fundamental**, que mostra células vacuolizadas e menos densas (Figura 6.2).

!
Divisões anticlinais: são divisões celulares perpendiculares à superfície do corpo vegetal. **Divisões periclinais:** são divisões celulares paralelas à superfície do corpo vegetal (Figura 6.3).

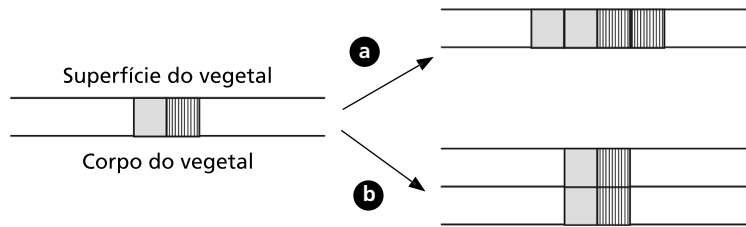


Figura 6.3: Representação esquemática dos planos de divisão das células meristemáticas. (a) divisões anticlinais; (b) divisões periclinais.

A protoderme, o meristema fundamental e o procâmbio são denominados meristemas primários e darão origem a todos os tecidos que constituem o corpo primário do vegetal, como indica o diagrama a seguir:

Meristemas Primários	Tecidos Primários	Funções Desempenhadas
Protoderme	Epiderme	Revestimento
Meristema Fundamental	Parênquima	Preenchimento, síntese e armazenamento
	Colênquima Esclerênquima	Sustentação
Procâmbio	Xilema primário Floema primário	Condução

!
 A divisão celular não é limitada apenas aos meristemas apicais; a protoderme, o meristema fundamental e o procâmbio são tecidos parcialmente diferenciados e também possuem capacidade de se dividirem.

MERISTEMA APICAL DE RAIZ

O meristema apical da raiz é recoberto por uma **coifa ou caliptra** (Figuras 6.2.b e 6.4). Por esse motivo, muitas vezes vê-se referências ao meristema apical de raiz como subapical de raiz.

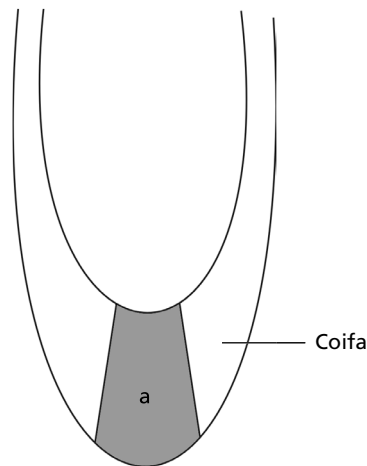


Figura 6.4: Representação esquemática da coifa recobrindo o meristema apical da raiz. (a) caliptrogênio.

O meristema formador da coifa recebe o nome de **caliptrogênio** (Figura 6.4). A coifa se desenvolve continuamente. Suas células são vivas na maturidade e portadoras de inúmeros grãos de amido. As células da periferia da coifa secretam um mucopolissacarídeo que auxilia a penetração da raiz no solo durante seu crescimento. Acredita-se também que a coifa seja responsável pelo crescimento geotrópico positivo das raízes subterrâneas. Essa função é atribuída aos grandes e numerosos grãos de amido existentes – os **estatólitos** –, que transmitiriam estímulos gravitacionais à membrana plasmática das células que os possuem. Essas células localizam-se particularmente na região central da coifa, que, em muitas plantas, devido à sua estrutura mais diferenciada, recebe o nome de **columela**. A coifa é encontrada nas raízes de quase todas as plantas, exceto em algumas parasitas (ex.: *Cuscuta sp.* – cipó-chumbo).

Em um ápice de raiz (Figuras 6.2.b) são identificáveis as seguintes regiões:

- o promeristema, localizado na porção terminal do meristema apical da raiz;
- a coifa, que, como já vimos, protege o promeristema;
- a protoderme;

- o meristema fundamental;
- o procâmbio.

Esse último, o procâmbio, pode formar uma coluna central sólida, como na maioria das dicotiledôneas, ou um cilindro oco, ocupado internamente por meristema fundamental, conforme ocorre nas raízes adventícias das monocotiledôneas.

MERISTEMA APICAL CAULINAR

Diferente da raiz, o promeristema dos ápices caulinares da maioria das Angiospermas se caracteriza por apresentar uma organização denominada **túnica-corpo** (Figura 6.5), que é estabelecida de acordo com a freqüência do plano de divisão celular de cada uma dessas regiões. A túnica consiste na camada ou nas camadas de células mais externas que recobrem o ápice caulinar. Embora seja mais freqüente a observação de duas camadas celulares de túnica (Figura 6.5), pode-se encontrar espécies com até seis camadas delas. Essas células apresentam plano preferencial de divisão no sentido anticlinal. Tais divisões contribuem para o crescimento em superfície, o que não implica no aumento do número de camadas. O corpo é formado pela massa de células localizadas abaixo da túnica e que apresentam planos de divisão variados, contribuindo para o aumento do número de camadas celulares – volume – na porção interna do novo caule. Três zonas distintas podem ser identificadas no corpo (Figura 6.5):

- a **zona das células-mãe centrais**, que representam as iniciais do corpo localizadas abaixo da porção apical da túnica; ou seja, situadas abaixo das iniciais da túnica;
- o **meristema central ou da medula**, que dará origem ao meristema fundamental formador da medula; e
- o **meristema lateral ou periférico**, que dará origem ao procâmbio, ao meristema fundamental que, por sua vez, se diferenciará em células do córtex e, às vezes, até da medula.

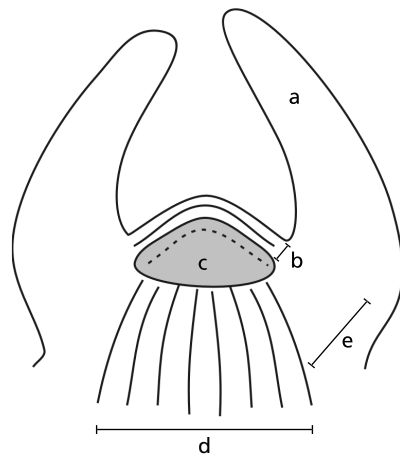


Figura 6.5: Detalhe da organização túnica-corpo no meristema apical caulinar de *Coleus sp.* (a) primórdio foliar; (b) túnica com duas camadas celulares (L1 e L2); (c) zona das células-mãe centrais, que representam as iniciais do corpo localizadas abaixo das células iniciais da túnica (L3); (d) meristema central ou da medula, (e) meristema lateral ou periférico (adaptado do livro *Biologia Vegetal*, Raven, P. H.; Evert, R. F. & Eichhorn, 2001).

A túnica dará origem à protoderme; e os meristemas central e lateral darão origem ao procâmbio e ao meristema fundamental, que, após completarem a diferenciação em tecidos específicos, caracterizam a estrutura primária do caule.

MERISTEMAS LATERAIS OU SECUNDÁRIOS

Algumas plantas apresentam apenas o crescimento primário: são as herbáceas de ciclo de vida curto (anuais e bianuais) e de pouca altura. Entretanto, existem algumas espécies que vivem por muitos anos e podem alcançar alturas muito elevadas (veja, posteriormente, na Aula 23). Nessas espécies, outras regiões meristemáticas se formam e são denominadas meristemas secundários ou laterais. Esses meristemas são responsáveis pelo crescimento radial ou em espessura do vegetal e são representados pelo **câmbio** e o **felogênio**.

CÂMBIO

A atividade do câmbio vascular, ou simplesmente câmbio, garante a produção de novos elementos de xilema e floema secundários na raiz e no caule de Gimnospermas e no de muitas Angiospermas – Dicotiledôneas. O aumento em diâmetro da raiz e do caule é devido principalmente à atividade desse meristema.

O câmbio é o único meristema que forma dois sistemas de organização celular: o sistema axial e o sistema radial (veja, posteriormente, nas Aulas do Sistema Conductor – Xilema e Floema).

TIPOS CELULARES DO CÂMBIO

O câmbio é um meristema secundário. Suas células, em processo de divisão celular, apresentam vacúolos muito proeminentes. Essa característica contrasta com a das células do meristema apical, cujos vacúolos aparecem pequenos e em número reduzido. Além disso, o meristema apical tem células com núcleo grande, citoplasma denso e contorno isodiamétrico.

Em seções transversais de caules e raízes que já iniciaram o crescimento secundário, a região do câmbio vascular aparece como uma faixa contínua de células retangulares mais ou menos achatadas que se dividem e se empilham no sentido radial com duas ou várias células por pilha (Figura 6.6).

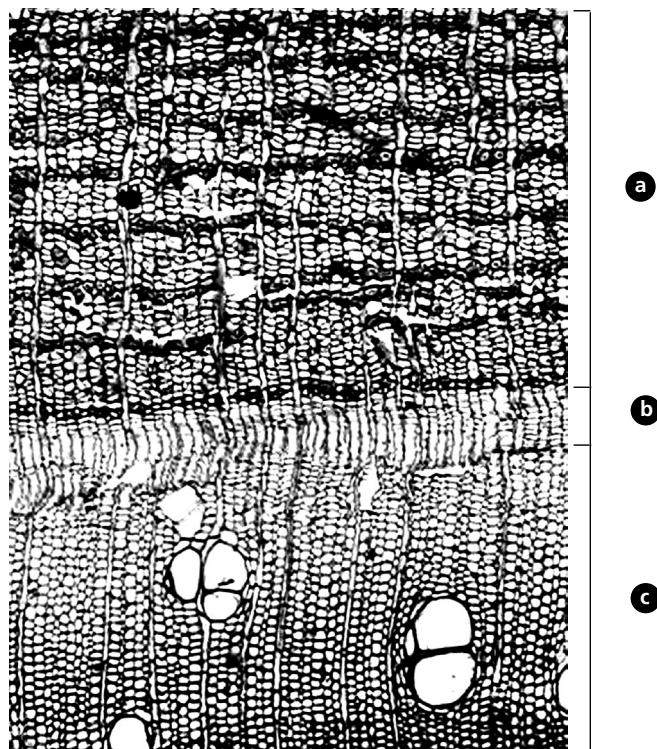


Figura 6.6: Seção transversal do caule em estrutura secundária de *Tabebuia cassinoides* (caixeta) evidenciando as células do câmbio vascular. (a) floema secundário; (b) câmbio vascular; (c) xilema secundário (fotomicrografia cedida por Callado, C. H.).

Em seções longitudinais de caules e raízes com crescimento secundário, é possível identificar dois tipos distintos de células iniciais: as células iniciais fusiformes e as células iniciais radiais (Figura 6.7). As fusiformes são alongadas axialmente e irão formar o sistema axial da planta (Figuras 6.7 e 6.8). As radiais possuem normalmente contorno isodiamétrico formando um conjunto de células unidas (Figura 6.7). Essas células se distribuem e formam cordões no sentido horizontal ao corpo da planta. As iniciais radiais darão origem ao sistema radial que é constituído pelos raios parenquimáticos (esse tema será detalhado nas Aulas do Sistema Conductor – Xilema e Floema).

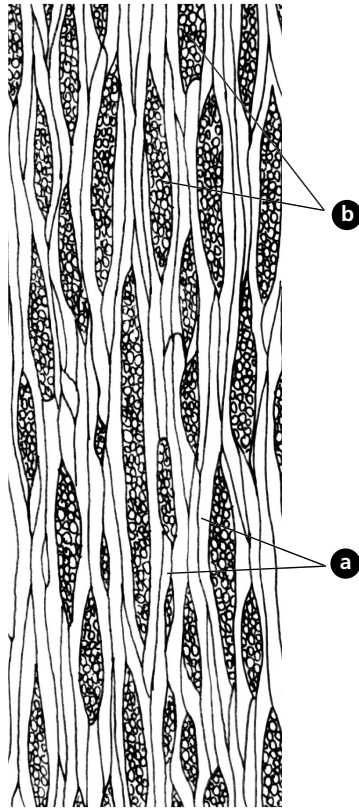


Figura 6.7: Seção longitudinal do câmbio *Malus sylvestris* (macieira), evidenciando dois tipos distintos de células iniciais: (a) células iniciais fusiformes; (b) células iniciais radiais (adaptado do livro *Biologia Vegetal*, Raven, P. H.; Evert, R. F. & Eichhorn, 2001).

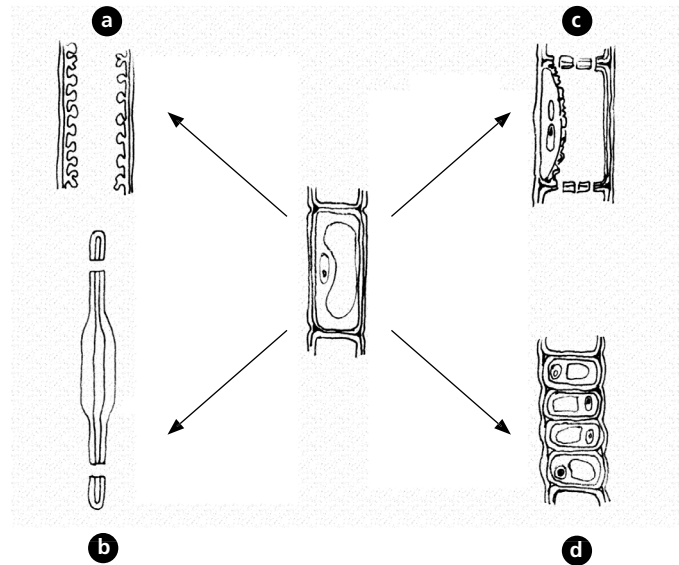


Figura 6.8: Diagrama de uma célula inicial fusiforme e dos elementos axiais de xilema e floema secundários por ela formados. (a) elementos de vaso; (b) fibras; (c) elemento de tubo crivado e célula companheira; (d) parênquima axial (adaptado do livro *Biologia Vegetal*, Raven, P. H.; Evert, R. F. & Eichhorn, 2001).

DIVISÃO CELULAR NO CÂMBIO

As células derivadas para o lado interno originam os elementos axiais e radiais de xilema secundário, enquanto aquelas derivadas para a periferia, formam os elementos axiais e radiais de floema secundário. As células iniciais e suas derivadas imediatas constituem a **faixa cambial**. A distinção dessas células é bastante difícil, pois apresentam forma, dimensão e natureza de protoplasma similares, sendo por isso mais frequentemente adotado o termo faixa cambial para essas células e suas derivadas em detrimento de câmbio.

FELOGÊNIO

O felogênio, cuja denominação mais antiga classificava-o também como câmbio da casca, é o meristema secundário formador da periderme – tecido de revestimento do corpo secundário do vegetal. Esse meristema difere do câmbio vascular por conter somente um tipo de célula meristemática. Em seção transversal, as células do felogênio apresentam formato retangular, são achatadas e de arranjo compacto. Em seção longitudinal, essas células podem ter aspecto retangular, poligonal ou irregular.

Normalmente, as células do felogênio dividem-se apenas em um único sentido, formando células derivadas em direção à periferia de uma raiz ou de um caule em estrutura secundária – felogênio unifacial. Em alguns casos, porém, o felogênio pode ser bifacial e dividir-se formando células derivadas tanto para o interior, como para o exterior do órgão no qual está instalado.

Na maioria das plantas, o felogênio é ativado apenas uma única vez. Todavia, em algumas espécies, ele pode ser reativado, passando por dois ou mais períodos de produção de células. Quando o felogênio permanece ativo por longo tempo, como por exemplo, na Macieira (*Mallus sylvestris*) e na Pereira (*Pyrus communis*), nas quais ele pode permanecer ativo por mais de 20 anos, as células desse meristema sofrem divisões anticlinais para acompanhar o crescimento em espessura do órgão que recobre.

Existem ainda outros centros formadores de células – meristemas – que estão ativos em apenas um período do desenvolvimento de uma planta ou em situações especiais. São eles:

- **Meristema Intercalar:** promove o alongamento internodal. Esse meristema é o principal responsável pelo aumento em comprimento do caule primário e ocorre simultaneamente em vários entrenós (Aula 23);

- **Meristema de cicatrização ou cicatricial:** estabelecido apenas quando um órgão vegetal sofre injúrias. As células do parênquima e em algumas situações também as do colênquima sofrem desdiferenciação, voltando a um estágio meristemático de produção de novas células. O meristema de cicatrização é o principal responsável pelo sucesso de enxertos nas culturas de laranja, por exemplo. A cultura de tecidos – Biotecnologia Vegetal – muitas vezes também se utiliza dessa propriedade dos vegetais de regenerar suas lesões, para a construção de organismos inteiros a partir de pequenos fragmentos.

- **Meristema de abscisão:** ocorre no caule, no local de inserção de folhas, flores e frutos. Representa uma resposta sazonal à perda de órgãos vegetais de vida limitada. Forma-se na base do órgão que vai cair, em uma região denominada zona de abscisão. Nessa região surge um felogênio que formará um novo tecido de revestimento impedindo que parte do vegetal fique exposta ao dessecação ou à entrada de patógenos.

RESUMO

O crescimento vegetal está concentrado em regiões específicas denominadas meristemas. A maioria das divisões celulares ocorre nessas regiões. Os meristemas se dividem em: apicais ou primários; laterais ou secundários; intercalar; de abscisão; de cicatrização. Nos meristemas apicais são identificadas basicamente as seguintes regiões: promeristema, protoderme, meristema fundamental e procâmbio.

Nas plantas herbáceas e nas arbóreas, quando em estágio de crescimento primário, os meristemas apicais de caule e raiz são responsáveis pela formação de todo o corpo vegetal. Em plantas que sofrem crescimento em espessura, como Gimnospermas e Dicotiledôneas, surgem no caule e na raiz os meristemas laterais ou secundários – câmbio vascular e felogênio. O câmbio vascular origina xilema e floema primários, enquanto o felogênio dá origem à periderme. Outros tipos de meristema são encontrados em regiões específicas do corpo vegetal. São eles: intercalar, que promove o alongamento internodal; de cicatrização ou cicatricial, que está envolvido nos processos de regeneração de lesões; e o de abscisão, que impede que as áreas nas quais folhas ou órgãos reprodutivos tenham se destacado da planta-mãe fiquem expostas ao dessecação ou à entrada de patógenos.

EXERCÍCIOS

1. Qual é a função dos meristemas apicais e como estão organizados histologicamente? Esquematize-os.
2. Explique como os meristemas vegetais podem ser classificados quanto a sua origem.
3. Estabeleça um diagrama sumariado indicando os meristemas apicais e laterais e os tecidos vegetais que por eles são formados.

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Os tecidos vegetais estão organizados em unidades em todos os órgãos vegetais. Essas unidades formam os sistemas de tecidos que começarão a ser estudados na próxima aula.

Organização dos tecidos vegetais em sistemas: sistema de revestimento

AULA

7

objetivos

Ao longo desta aula, vamos aprender que o corpo vegetal é constituído por três sistemas: o de revestimento, o fundamental e o vascular; também vamos reconhecer o sistema de revestimento, suas características, suas peculiaridades e funções. Ao final, você deverá estar apto a:

- Descrever a origem e formação dos tecidos de revestimento do vegetal: a epiderme e a periderme.
- Caracterizar as células epidérmicas e suas funções.
- Caracterizar a parede periclinal externa e sua importância para a planta.
- Conhecer células e estruturas especializadas como os estômatos e os tricomas.

Pré-requisitos

Para que o aluno tenha um melhor aproveitamento desta aula, é necessário que ele tenha compreendido a Aula 5 – A célula vegetal e seus elementos essenciais, e a Aula 6 – Meristemas.

INTRODUÇÃO

Nas aulas anteriores, aprendemos a caracterizar a célula vegetal, suas organelas específicas e descrever a parede celular e suas funções. Observamos detalhes das células em diferentes tecidos, em vários órgãos da planta e aprendemos a reconhecer os locais onde novas células são produzidas. Nesta aula, e nas próximas, serão analisados como essas células se organizam em tecidos e sistemas, os tipos de tecidos encontrados e suas funções relacionadas.

NO CORPO VEGETAL ENCONTRAMOS TRÊS SISTEMAS DE TECIDOS

As plantas vasculares estão organizadas em sistemas de tecidos. Eles se encontram presentes em todos os órgãos vegetais (raiz, caule, folhas, flores e frutos), revelando a similaridade básica dos órgãos e a continuidade do corpo vegetal. São três os sistemas de tecidos:

1. Sistema de revestimento → epiderme e periderme.
2. Sistema fundamental → parênquima, colênquima e esclerênquima.
3. Sistema vascular → xilema e floema primários e secundários.

Os três sistemas se originam nos meristemas primários; na protoderme, no meristema fundamental e no procâmbio, respectivamente (revisar a Aula 6). O sistema de revestimento é representado pela epiderme no corpo primário da planta e é substituído pela periderme nas partes que possuem crescimento secundário em espessura. O sistema fundamental consiste de três tecidos: o parênquima, o colênquima e o esclerênquima e será estudado na próxima aula. O sistema vascular, por sua vez, compõe-se de dois tecidos: o xilema e o floema que serão estudados nas Aulas 9 e 10, respectivamente.

SISTEMA DE REVESTIMENTO

O sistema de revestimento do vegetal representa o limite entre o ambiente e o ser vivo. As principais funções desempenhadas por suas células são a interrupção do movimento apoplástico, a proteção contra a intensa radiação e ao ataque de patógenos. Tais fatores estão associados à disponibilidade de água e às características do vegetal, que possibilitam o estabelecimento de determinada espécie em um ecossistema.

Para tanto, as **PAREDES PERICLINAIS EXTERNAS** da epiderme possuem características próprias, além dos próprios componentes comuns que podem variar de acordo com condições ambientais diversas.

Como já foi mencionado na Aula 6, as células epidérmicas originam-se da camada mais externa do ápice vegetativo caulinar apical ou subapical da raiz; essa camada é denominada protoderme, e pode persistir durante todo o desenvolvimento da planta. Considerando as plantas que possuem crescimento secundário, o órgão que cresce em espessura forma a periderme, que é um tecido de revestimento secundário constituído de três estratos: o súber ou felema, o felogênio e a feloderme.

EPIDERME

A epiderme de órgãos aéreos, quando observada em seção transversal, apresenta células tabulares onde normalmente a altura é menor que o comprimento. Ela é formada por uma ou mais camadas de células dispostas compactamente; não apresenta espaços intercelulares, e é coberta por estratos cuticulares e apresenta estômatos (**Figura 7.1**). Suas células contêm protoplasto vivo vacuolado, podendo exibir conteúdos de diversas naturezas dependendo do táxon, da localização no órgão vegetal e da função específica desempenhada. Como exemplo, temos a antocianina, que é um pigmento encontrado nos vacúolos de células epidérmicas, e confere a coloração às pétalas e sépalas. As paredes periclinais das células epidérmicas podem apresentar formatos diferentes e estão relacionadas com absorção de luz pelo órgão. Folhas com células epidérmicas de paredes convexas, por exemplo, são características das plantas adaptadas à sombra; essa curvatura aumenta a eficiência do órgão para a captação da energia luminosa.

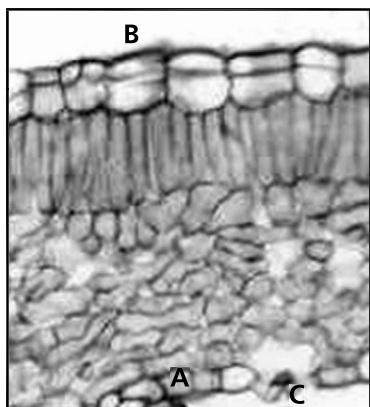


Figura 7.1: Corte transversal da folha de *Psychotria velloziana* (Rubiaceae) mostrando epiderme abaxial unisseriada (A) e epiderme adaxial com duas camadas (B). Observe um estômato (C) na epiderme abaxial.

A parede periclinal situa-se paralelamente à superfície, enquanto a anticlinal permanece perpendicular a ela.

Quando falamos em **PAREDES PERICLINAIS EXTERNAS**, significa que a mais externa é a que representa o limite entre o ambiente e as células epidérmicas mais sujeitas a variações em sua estrutura. Também a esse respeito, as **paredes anticlinais** representam aquelas células perpendiculares à superfície da planta.

A eficiência das células epidérmicas está relacionada com características que lhe são peculiares. Uma importante função para a superfície epidérmica da parte aérea da planta é a habilidade para controlar a perda de água pela transpiração. Para isso, suas paredes periclinais externas possuem cutina e cera, além dos componentes comuns às paredes celulares: celulose, hemicelulose, pectatos, glicoproteínas e cátions. Analisando essas paredes, do interior para o exterior, geralmente observam-se: uma camada com porção rica em polissacarídeos, uma camada cutinizada, a cutícula propriamente dita e a cera epicuticular. A camada cutinizada e a cutícula constituem a membrana cuticular que restringe a perda de água pela superfície da planta.

A parte aérea da planta possui cutícula e ceras que estabelecem barreiras para a entrada e saída de substâncias da planta. Quanto mais agressivas forem as condições do ambiente, mais barreiras a planta desenvolve. O vegetal irá receber mais luz e menos minerais do solo. Quanto à parte subterrânea, a planta apresenta impedimentos mais frágeis e menores. A cutícula é praticamente inexistente nas células epidérmicas da raiz. As barreiras para os minerais da parte subterrânea são, por exemplo, a endoderme e a exoderme que se localizam internamente no córtex desse órgão. A cutícula constitui uma camada que contém cutina depositada sobre a parede periclinal externa da célula epidérmica; trata-se de uma substância lipídica que entra nos espaços entre as microfibrilas de celulose, tornando-a cutinizada. Posteriormente, ela será depositada externamente, formando a cutícula.

Apesar de a cutícula ser muito eficiente na prevenção contra a perda de água através das células epidérmicas, ela também impede a entrada de dióxido de carbono requerido na fotossíntese por difusão da atmosfera dentro da folha e do caule. De acordo com o ambiente, com o estágio de desenvolvimento do vegetal e com a posição da célula no órgão (**Figura 7.2**), a proporção e a **FORMA DA CERA EPICUTICULAR** e também a espessura e a composição da membrana cuticular variam de espécie para espécie.

A FORMA DA CERA EPICUTICULAR

também possui interesse taxonômico e essas ceras são classificadas quanto a sua forma em: crosta granulosa espessa, como em folhas de pistache, *Pistacea vera* (Anacardiaceae); plaquetas, como em folhas de uva, *Vitis vinifera* (Vitaceae); placas; bastões longos e curvos, como em folhas de bananeira *Musa paradisiaca* (Musaceae); bastões curtos e afunilados, como em folhas de brócolis, *Brassica oleraceae* (Brassicaceae); filamentos finos, como em folhas de ervilha, *Pisum sativum* (Fabaceae), entre outros.

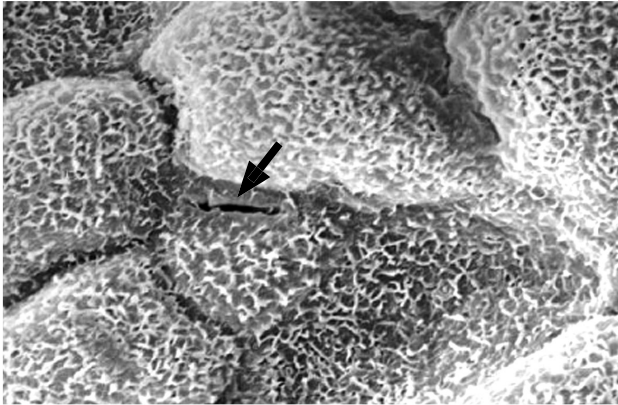


Figura 7.2: Microscopia eletrônica de varredura da superfície abaxial de *Chamaesyce thymifolia* (Euphorbiaceae). Observe cera epicuticular em forma de bastonetes e estômato (seta).

Em vista frontal, as **paredes anticlinais** da epiderme podem ser retas, curvas ou sinuosas (**Figura 7.3**). Isso pode estar relacionado com a genética da planta ou até mesmo com um fator ambiental. As paredes sinuosas, por exemplo, apresentam-se mais freqüentes em folhas de sombra. Isso se deve, talvez, ao fato de ocorrer uma impregnação rápida de cutina ocasionando um rápido endurecimento, antes de as células completarem seu desenvolvimento. Logo, a célula força a parede para que haja crescimento. Ainda em vista frontal, podemos observar nas folhas que as células ao longo da nervura são estreitas e compridas e as internervurais, curtas e mais largas.

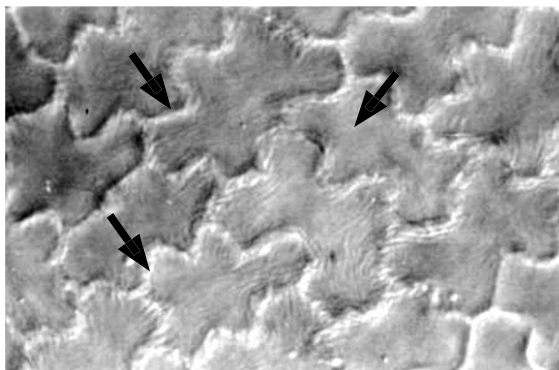


Figura 7.3: Vista frontal da epiderme adaxial da lâmina foliar de *Simira pikia* (Rubiaceae). Observe as paredes anticlinais sinuosas (setas).

CÉLULAS E ESTRUTURAS ESPECIALIZADAS DA EPIDERME

Encontramos vários tipos de células epidérmicas especializadas que podem ocorrer em caules jovens e órgãos foliares de diferentes Angiospermas. Como exemplos, podemos citar:

Células buliformes: são células especializadas da epiderme, maiores que as demais, apresentando paredes finas e um grande vacúolo, e acumulam água. Essas células estão presentes em folhas de muitas Monocotiledôneas; encontram-se envolvidas no enrolamento ou desenrolamento dessas folhas, de acordo com a perda ou ganho de água (Figura 7.4).

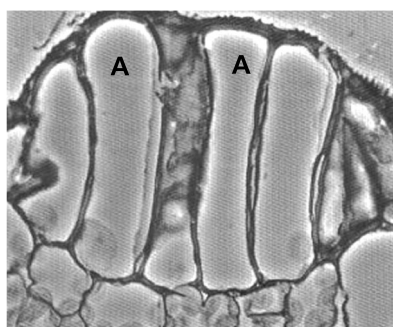


Figura 7.4: Corte transversal da lâmina foliar de milho (*Zea mays*). Epiderme mostrando células buliformes (A).

Litocistos: outro tipo de célula encontrado na epiderme. Formam complexos pedestais de formatos irregulares. Eles são constituídos de deposições minerais de carbonato de cálcio que são feitas sobre a estrutura interna da celulose (pedúnculo); são denominadas cistólitos, e podem preencher completamente a célula (Figura 7.5).

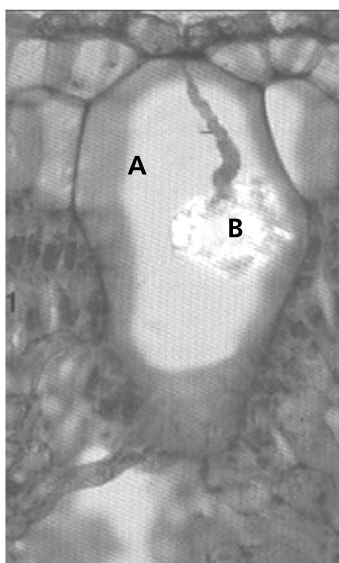


Figura 7.5: Corte transversal da lâmina foliar de *Pilea sp.* Observe litocistos (A) contendo cistólitos (B).

Tricomas: estruturas especializadas encontradas na epiderme; apresentam os tipos e as funções extremamente variáveis, servindo, em alguns casos, para caracterizar determinadas famílias vegetais. A presença dessas estruturas tem sido também relacionada ao ambiente, pois além de exercerem função protetora, reduzem a velocidade de transpiração. Diversos tipos de tricomas são comumente encontrados na superfície de muitas plantas. Eles podem ser classificados em glandulares ou tectores. Os glandulares são estruturas secretoras que podem produzir, por exemplo, óleos essenciais, resultando em secreção ou em um odor distintivo. Os tectores são **TRICOMAS** não-glandulares que podem ser **UNICELULARES** (Figura 7.6) ou pluricelulares e são capazes de variar em forma e tamanho. Os tricomas são comumente formados por divisões assimétricas de uma única célula-mãe protodérmica denominada tricoblasto. A distribuição desses tricomas nas superfícies das plantas segue parâmetros distintos de espaçamento não randômico que resulta em um programa de desenvolvimento controlado.

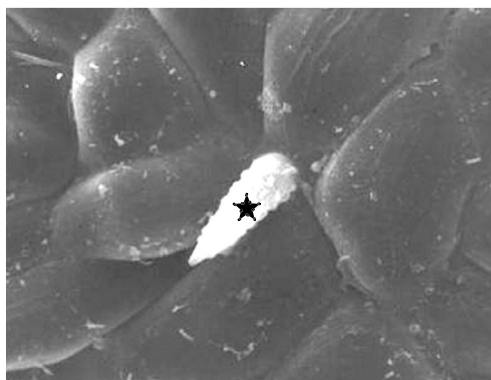


Figura 7.6: Microscopia eletrônica de varredura da superfície adaxial de *Simira viridiflora* (Rubiaceae). Observe tricoma tector unicelular (estrela).

ESTÔMATOS: a epiderme de todos os órgãos aéreos – como folhas, caules, partes florais e frutos – é comumente provida de estruturas especializadas para comunicação com o meio externo; são denominadas estômatos, os quais formam aberturas.

As células estomáticas têm cloroplastos que acumulam amido; as demais células epidérmicas normalmente não o possuem, ou possuem plastídios rudimentares. Seguindo o aumento da pressão interna pela entrada de água, a estrutura da parede da célula estomática, rica

As fibras de algodão utilizadas comercialmente são, na verdade, **TRICOMAS UNICELULARES** encontrados na superfície da semente, apresentando paredes celulósicas espessadas.

Essas **aberturas** nos **ESTÔMATOS** são denominadas poros ou ostíolos, que são margeados por um par de células epidérmicas especializadas e quase reniformes, conhecidas como células estomáticas. Elas abrem e fecham os poros em resposta à mudança no turgor, regulando a taxa de transpiração e as trocas gasosas entre o espaço externo e interno.

em pectina, permite a expansão somente na direção de eixos curvados longitudinais. Isso resulta na abertura de um poro. Duas ou mais células anexas, distintas em morfologia, apresentam-se adjacentes às estomáticas, constituindo então o complexo estomático. Essas células anexas acumulam grande quantidade de água e de íons, que auxiliam na abertura e no fechamento dos estômatos.

Os estômatos se formam tanto durante o desenvolvimento de folhas jovens como no de folhas tardias. Como os tricomas, esse complexo tem uma distribuição organizada ou aleatória na epiderme. Em Monocotiledôneas e em algumas Coníferas (Gimnospermas), os estômatos estão comumente alinhados em fileiras paralelas ao eixo longitudinal da folha que é separado por áreas sem estômatos. Em todas as plantas, as células dos estômatos vizinhos não entram em contato entre si, porque eles estão separados na superfície por, pelo menos, uma célula epidérmica. A ontogênese dos estômatos segue uma divisão inicial assimétrica dos precursores protodérmicos, que formam duas células-filhas diferentes no tamanho e na forma.

O número e a disposição das células anexas ao redor dos estômatos representam uma característica de grande importância taxonômica. De uma forma resumida, os estômatos das Angiospermas podem ser classificados em quatro grupos distintos. São eles:

1. estômatos paracíticos – quando as células anexas são paralelas às estomáticas (**Figura 7.7**);
2. estômatos dialicíticos – quando duas células anexas estão posicionadas de tal modo que seu maior eixo forma um ângulo reto com o poro estomático;
3. estômatos anisocíticos – quando os estômatos são circundados por três ou mais células de tamanhos diferentes;
4. estômatos anomocíticos – quando os estômatos estão envolvidos por um número variável de células anexas que não diferem das demais células epidérmicas.



Figura 7.7: Vista frontal da superfície abaxial da lâmina foliar de *Faramea* sp. (Rubiaceae). Observe estômato do tipo parasítico (A).

Células silicosas e células suberosas: São células encontradas nas Pteridófitas, em Gimnospermas, em inúmeras gramíneas e em poucas Dicotiledôneas. Normalmente, ocorrem aos pares, em meio às células epidérmicas fundamentais e se caracterizam pelo tamanho menor em relação a essas células e pela composição química de suas paredes e/ou dos conteúdos armazenados em seu interior. Distinguem-se da seguinte maneira:

1. Células silicosas: podem apresentar corpos silicosos no vacúolo ou sílica incrustada na parede das células.
2. Células suberosas: são células vivas, altamente vacuolizadas e que apresentam paredes suberificadas.

Papilas: São pequenas projeções das células epidérmicas que se apresentam de formas muito variadas. Essas projeções incluem a parede periclinal externa, a membrana cuticular e a cutícula propriamente dita. Algumas vezes é difícil estabelecer limites morfológicos entre as papilas e os tricomas unicelulares. As papilas ocorrem freqüentemente na face abaxial das folhas e, quando próximas ao estômato, podem formar uma “coroa” ao redor dele. Nas flores, são encontradas nas pétalas e lhas conferem um aspecto aveludado. No estigma floral, apresentam um importante papel para a polinização e estão relacionadas ao reconhecimento químico e à germinação dos grãos de pólen.



Várias outras células se especializaram na epiderme e assumem diferentes funções. Entre elas, destacamos as glândulas de sal, os hidatódios e os osmóforos, que desempenham funções secretoras.

Emergências: Compreendem projeções que saltam da epiderme e que são constituídas não apenas pelo tecido epidérmico, mas também pelo tecido parenquimático que está abaixo da epiderme. Engloba, portanto, outros tecidos que não fazem parte do sistema de revestimento e podem apresentar estômatos.

EPIDERMES UNISTRATIFICADAS, MÚLTIPLAS E HIPODERME

A epiderme, na maioria dos casos, é uniestratificada e formada a partir de divisões anticlinais da protoderme. Entretanto, em algumas espécies, a protoderme pode sofrer divisões também no sentido periclinal, dando origem a uma epiderme múltipla, com mais de um estrato celular. As epidermes das raízes de orquídeas e das folhas de *Ficus sp.* são exemplos de epidermes múltiplas. Nas orquídeas, recebem o nome de velame. Em alguns casos, encontram-se abaixo dela uma ou mais camadas de células que poderiam ser interpretadas como epiderme múltipla; porém, na realidade, trata-se de um tecido subepidérmico, chamado hipoderme e que geralmente é especializado em reter água. Para que se possa afirmar que se trata de epiderme múltipla ou hipoderme, torna-se necessário um estudo ontogenético, visto que as duas apresentam origens diferentes. A epiderme múltipla tem origem a partir da divisão das células protodérmicas, enquanto a hipoderme se origina por diferenciação das células do meristema fundamental.

A PERIDERME

A periderme é o tecido de revestimento, cuja origem secundária substitui a epiderme em caules e raízes com crescimento secundário e/ou em superfícies expostas por necrose ou ferimento. Uma periderme típica é constituída por três estratos: o felogênio, a feloderme e o felema ou súber (Figura 7.8). O felogênio formará a feloderme para o interior do vegetal e o felema, para o exterior. Esse tecido, conforme já foi visto na Aula 6,

é o meristema secundário formador da periderme. Em seção transversal, as células do felogênio apresentam formato retangular, são achatadas e de arranjo compacto. O felema apresenta células compactas, sem espaços intercelulares, que variam de forma. Elas se caracterizam pela suberização e morte de seu protoplasto na maturidade. A feloderme consiste de células parenquimáticas ativas, semelhantes ao parênquima cortical primário.

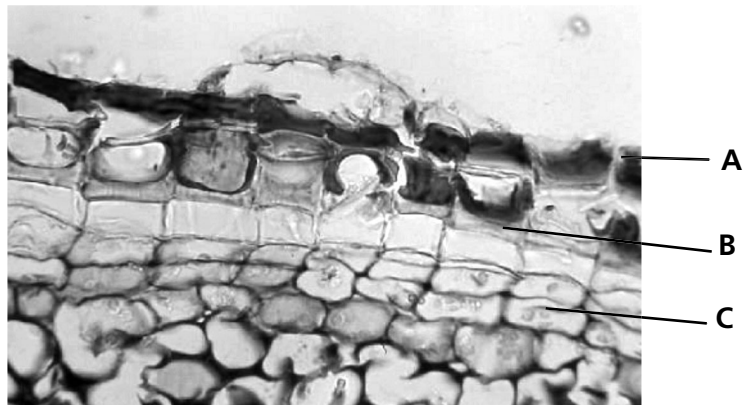


Figura 7.8: Corte transversal de um caule em estrutura secundária. Observe em detalhe a periderme. (A) felema; (B) felogênio; (C) feloderme.

RESUMO

O corpo da planta consiste em três sistemas: o de revestimento, o fundamental e o vascular. O sistema de revestimento representa o limite entre o ambiente e a planta. As principais funções desempenhadas por suas células são a interrupção do movimento apoplástico, a proteção contra a intensa radiação e ao ataque de patógenos. As células epidérmicas originam-se da camada mais externa dos ápices vegetativos, denominada protoderme; podem persistir durante todo o desenvolvimento da planta ou em plantas que possuem crescimento secundário; podem também ser substituídas pela periderme – tecido de revestimento secundário.

A epiderme é formada por uma ou mais camadas de células dispostas de forma compacta, desprovida de espaços intercelulares, cobertas por estratos cuticulares e com presença de estômatos. Uma importante função para a superfície epidérmica das partes aéreas das plantas é a habilidade para controlar a perda de água pela transpiração. As células epidérmicas dos órgãos aéreos apresentam cutícula que reduz a perda de água e as trocas gasosas, entre o exterior e as folhas, que são facilitadas pelos estômatos.

EXERCÍCIOS

1. Compare a epiderme e a periderme. Comente, no espaço abaixo, a diferença existente entre elas.
2. Cite dois tipos de células especializadas da epiderme e, em seguida, caracterize-as.
3. Qual a importância da parede periclinal externa para a planta? Caracterize-a.

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, veremos o sistema fundamental. Vamos estudar esse sistema que é constituído por três tecidos: o parênquima, o colênquima e o esclerênquima. Eles apresentam funções como o preenchimento, sustentação e reserva de substâncias em cada órgão e têm características peculiares.

Sistema fundamental

AULA

8

objetivos

Ao longo desta aula, o aluno há de reconhecer os tipos de tecidos do sistema fundamental encontrados nos vários órgãos da planta e as funções que desenvolvem. Ao final, ele deverá estar apto a:

- Definir o sistema fundamental.
- Conhecer a origem desse sistema.
- Caracterizar os tipos de tecidos encontrados e suas funções.
- Conhecer os vários tipos de parênquimas quanto à forma e à função.
- Conhecer os tecidos de sustentação encontrados nas plantas.

Pré-requisitos

Para que o aluno tenha um melhor aproveitamento desta aula, é necessário que ele reveja na Aula 5 os conceitos de célula vegetal e seus elementos essenciais e os de meristemas, na Aula 6.

INTRODUÇÃO

Dando prosseguimento ao estudo da diversidade de tecidos presentes nas plantas, esta aula apresenta aqueles encontrados no sistema fundamental, composto principalmente por: parênquima, colênquima e esclerênquima. Eles podem ser diferenciados basicamente pela estrutura de sua parede celular. Aqui enfatizaremos a origem, composição e função desses tecidos na planta.

PARÊNQUIMA

O termo parênquima refere-se a uma célula típica ou a um tecido que exibe relativamente características com pouca especialização morfológica; ou seja, o parênquima é um tecido de preenchimento simples. Suas células parecem ter sido as que constituíram os eucariotos mais primitivos e, de maneira geral, podem ser descritas como portadoras de: paredes delgadas, citoplasma pouco denso, núcleo proporcionalmente pequeno ao volume da célula e **CAMPOS DE PONTOAÇÕES PRIMÁRIOS**.

Considera-se que durante a evolução das plantas, para atender às especializações que foram surgindo, o tecido parenquimático teve que sofrer modificações, originando os diversos tipos de tecidos que constituem o corpo do vegetal. A origem do tecido parenquimático verdadeiro, ou seja, com ligação entre as células vizinhas por meio de plasmodesmas, parece ter surgido primeiramente nas algas Charophyceae. Estudos com fósseis de plantas terrestres primitivas mostram também que elas eram constituídas basicamente por células parenquimáticas e, aparentemente, tinham as características das células dos musgos e das hepáticas. À medida que as plantas evoluíram, foi se tornando necessária a divisão de trabalho e o tecido parenquimático foi se especializando. No caso das Gimnospermas, algumas células acumulam substâncias fenólicas e realizam secreção; nas Angiospermas, além dessas ocorrências, há também células contendo mucilagens, pigmentos, entre outros.

As células parenquimáticas, de um modo geral, apresentam-se poliédricas com paredes primárias relativamente delgadas; seus principais constituintes são celulose, hemicelulose e **SUBSTÂNCIAS PÉCTICAS**.

CAMPOS DE PONTOAÇÕES PRIMÁRIOS

São áreas mais delgadas na parede celular primária através da qual passam os plasmodesmas.

SUBSTÂNCIAS PÉCTICAS

São constituintes principais da lamela média e encontram-se também presentes nas paredes celulares. Grupos de carboidratos complexos, derivados do ácido poligalacturônico, ocorrem em três tipos principais: protopectina, pectina e ácidos pécticos.

Nessa parede celular, observamos campos de pontuações primários com plasmodesmas e protoplasma vivo que se comunicam entre si. Essas células apresentam um “filme” de citoplasma em toda a periferia com vacúolos bem desenvolvidos.

O conteúdo celular apresenta-se especializado segundo as atividades funcionais e/ou metabólicas. Assim as células parenquimáticas podem conter numerosos cloroplastos, amiloplastos, substâncias fenólicas, entre outras. Sua forma varia muito em relação à função. Tal variação é um resultado direto da pressão exercida para células adjacentes e a **PRESSÃO DE TURGOR**, criada durante o desenvolvimento. O tecido parenquimático é separado caracteristicamente por abundantes espaços intercelulares que se apresentam ativos fisiologicamente na síntese, no transporte ou no armazenamento de produtos do metabolismo. Esses espaços têm **ORIGEM ESQUIZÓGENA**. As células do parênquima são capazes de retomar a atividade meristemática e de diferenciarem-se novamente em outros tipos de células. Em certos casos, as células parenquimáticas podem desenvolver paredes secundárias lignificadas, tornando-se assim um parênquima esclerificado.

O tecido parenquimático ocorre em todas as regiões da planta, sendo encontrado: no córtex e na medula do caule; no córtex da raiz; no tecido fundamental do pecíolo; no tecido fotossintético das folhas, na polpa de frutos e nos tecidos do cotilédono de sementes, entre outros. Eles fazem parte também do sistema vascular da planta, e apresentam células parenquimáticas especializadas do tecido xilemático e floemático, seja no sistema vascular primário, seja no secundário. Esse assunto será estudado com mais detalhe nas Aulas 9 e 10.

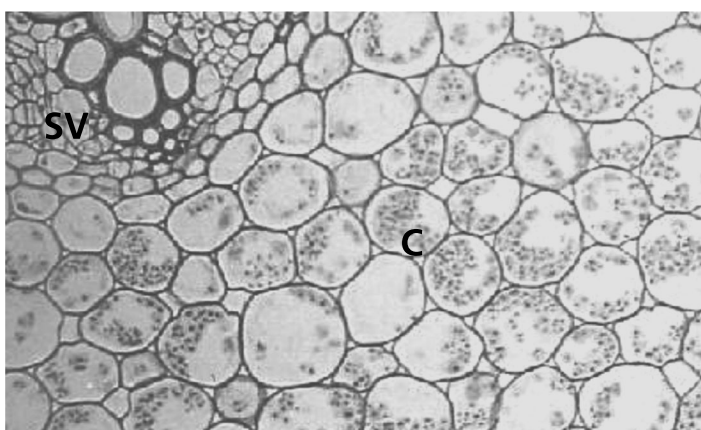
Em uma célula vegetal, a **PRESSÃO DE TURGOR** empurra a membrana plasmática contra a parede celular rígida e fornece força para a expansão celular.

Espaços intercelulares de **ORIGEM ESQUIZÓGENA** são aqueles formados pela divisão e afastamento das células e cujos tamanhos variam conforme a função do tecido.

TIPOS DE PARÊNQUIMA ENCONTRADOS NA PLANTA

O parênquima pode ser classificado quanto a sua função em: fundamental, clorofiliano, de reserva, e de transporte à curta distância.

O PARÊNQUIMA FUNDAMENTAL TEM FUNÇÃO DE PREENCHIMENTO



ESCLERIFICAR

Ato de desenvolver paredes secundárias com lignificação.

Figura 8.1: Corte transversal de uma raiz em estrutura primária. Detalhe das células parenquimáticas do córtex (C); Sistema vascular (SV).

As células do parênquima fundamental são aproximadamente isodiamétricas; possuem espaços intercelulares pequenos, chamados meatos (Figura 8.1). Elas têm a capacidade de retornar ao estado meristemático, podendo promover a cicatrização, por exemplo, de agressões ocorridas em plantas. Elas podem ainda sofrer depósitos de lignina e se **ESCLERIFICAR**; nesse caso, elas têm paredes secundárias e pontuações geralmente simples. São encontradas no córtex e na medula dos caules e no córtex da raiz.

O PARÊNQUIMA CLOROFILIANO É O TECIDO ESPECIALIZADO NA PRODUÇÃO DE FOTOASSIMILADOS

Sabemos que graças aos cloroplastos, as plantas verdes podem captar a energia solar, que vem a eles na forma de luz, e convertê-la em energia química, que será utilizada na síntese de substâncias orgânicas. As plantas verdes são, de fato, organismos capazes de fazer isso, enquanto nós, humanos, não obtivemos sucesso para imitá-las; ou seja, esse tecido é especializado, quanto à forma e função, para auxiliar nesse fenômeno de transformação da energia luminosa em energia química e para armazenar essa energia em forma de carboidratos. Portanto, é importante analisar a forma das células e associá-las a tais funções.

A forma cilíndrica das células favorece uma grande superfície de contato, facilitando a absorção do gás carbônico. O vacúolo bem desenvolvido empurra os numerosos cloroplastos formando uma camada uniforme junto à parede. Com essa localização, tais organelas têm um sítio apropriado para a absorção do gás carbônico, onde não há problema de perda de água, pois os espaços intercelulares são grandes. Esse tipo de tecido é encontrado no **MESOFILO FOLIAR**, que consiste normalmente em parênquima paliçádico e lacunoso (Figura 8.2). Esses tecidos também revelam formas diferentes e igualmente relacionadas com sua função. Por exemplo, o parênquima lacunoso apresenta como característica a existência de grandes lacunas ou espaços intercelulares que auxiliam

as trocas gasosas. O parênquima paliçádico, por outro lado, auxilia no direcionamento da luz, como conseqüência do formato alongado de suas células que, por vezes, lembram uma “cerca”. Ocorre também em caules jovens ou em outros órgãos que realizam fotossíntese. Nas plantas que se encontram em ambiente seco, as células do **clorênquima** estão bem unidas para minimizar a exposição das superfícies, evitando a perda d’água.

Esse tipo de parênquima pode ser encontrado também sob outras formas, como no caso do parênquima braciforme (Figura 8.3), que apresenta projeções na célula em forma de “braços”, formando assim lacunas regulares; essas células apresentam variação tanto no número de projeções quanto no tamanho.

MESOFILO FOLIAR

É tecido fundamental, localizado entre as camadas de epiderme da folha; as células do mesofilo geralmente contêm cloroplastos.

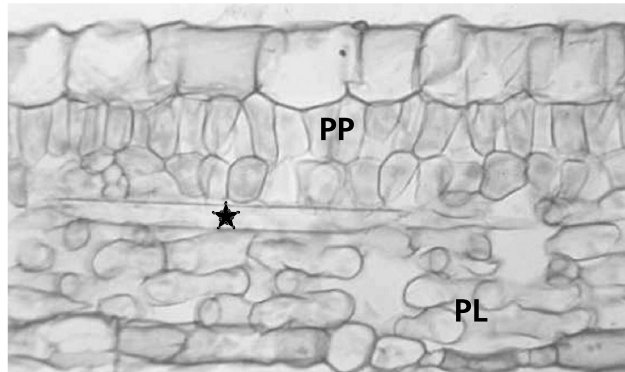


Figura 8.2: *Psychotria velloziana* (Rubiaceae) – Corte transversal mostrando parênquima paliçádico (PP) e lacunoso (PL). Note cristal prismático do tipo estilóde (estrela).

Cloro (do grego, *chloros*, verde) prefixo que significa “verde”.
Clorênquima: células parenquimáticas que contêm cloroplastos. São também conhecidas como parênquima clorofiliano e parênquima assimilador.

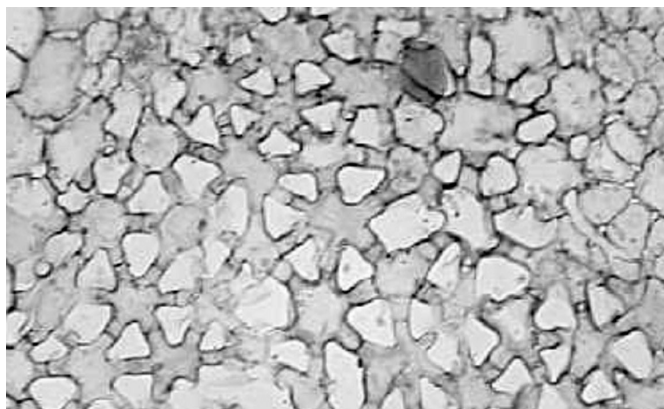


Figura 8.3: Detalhe do parênquima braciforme.

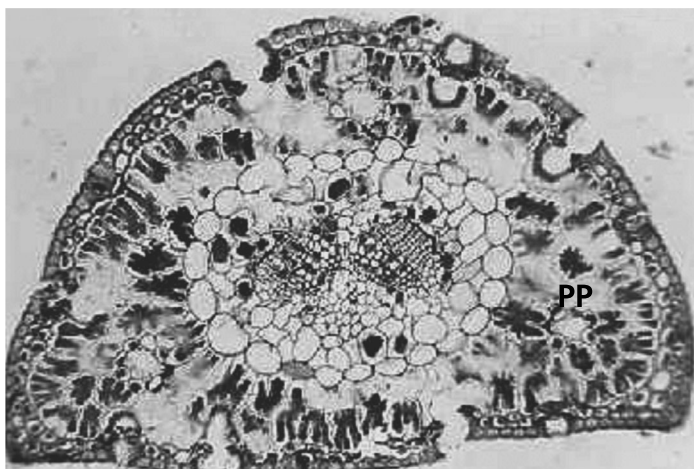


Figura 8.4: *Pinus sp.* – Corte transversal mostrando parênquima plicado (PP).

Outra forma é o chamado parênquima plicado, que ocorre nas folhas pequenas ou aciculares (em forma de agulha), e é encontrado, por exemplo, em *Pinus sp.* (Figura 8.4); ele é também responsável pela fotossíntese da planta e mostra em suas células invaginações da parede celular para seu interior, aumentando assim a área de superfície.

OUTRA FUNÇÃO DO PARÊNQUIMA: ARMAZENAR SUBSTÂNCIAS DO METABOLISMO DA PLANTA

Os vegetais também apresentam tecidos especializados em armazenar substâncias provenientes de seu metabolismo. Podemos citar, como exemplo, as reservas encontradas nesse tipo de tecido, utilizadas para alimentação, como é o caso de sementes, frutas, rizomas, entre outros. Essa reserva pode ser encontrada no vacúolo, no citoplasma ou em alguma organela, dependendo do tipo celular e de sua função em relação à planta. Um exemplo conhecido é o tubérculo de batata (*Solanum tuberosum*), em que as reservas são depositadas em organelas citoplasmáticas, isto é, nos amiloplastos, que acumulam amido (Figura 8.5).

Outro exemplo que podemos citar é o depósito de gotas de óleo no citoplasma do endosperma da mamona (*Ricinus communis*). As células desse tipo de tecido são frequentemente preenchidas com o material que é armazenado, podendo ocorrer o desaparecimento do vacúolo e de outras organelas.

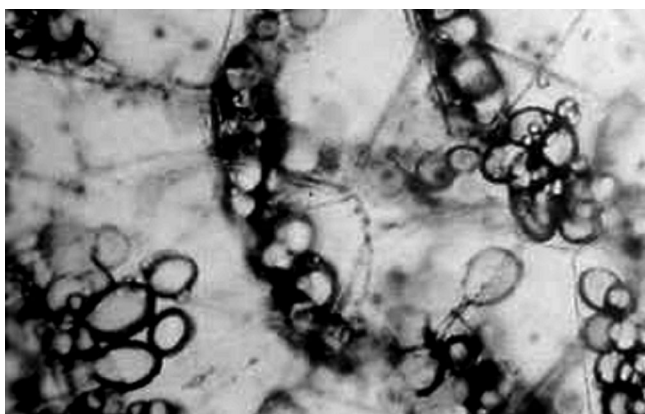


Figura 8.5: Corte transversal da batata mostrando parênquima de reserva com grãos de amido.

As plantas suculentas, como certas Bromeliáceas, Cactáceas e Euforbiáceas, têm células que acumulam água. Esse tecido é conhecido como parênquima aquífero. Nesse caso, as células são relativamente maiores e apresentam um grande vacúolo contendo água, que é envolvido por uma fina camada de citoplasma; geralmente, tal tecido apresenta paredes celulares finas e desprovidas de cloroplastos.

O aerênquima é um tecido que apresenta como característica espaços intercelulares grandes e regulares; ocorre principalmente no mesófilo, nas raízes e em caules de Angiospermas aquáticas. Isso está de acordo com sua função em relação a essas plantas; ou seja, o aerênquima com espaços intercelulares grandes e interconectados forma uma fase gasosa contínua, facilitando uma difusão mais rápida. Também funcionam como órgão flutuador (Figura 8.6). Se o espaço intercelular for muito acentuado, formam-se câmaras, como em folhas ou caules de aguapé (*Eichornia sp.*).

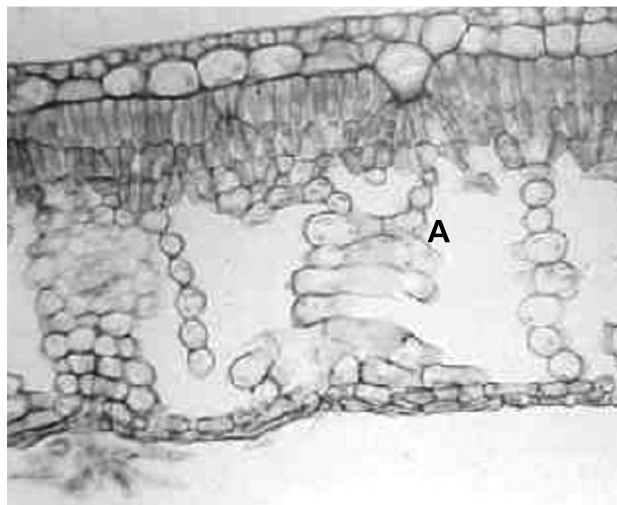


Figura 8.6: *Nymphaea s.p.* – Observe o aerênquima (A) do mesófilo da folha.

O PARÊNQUIMA DE TRANSPORTE AUXILIA NO DESLOCAMENTO À CURTA DISTÂNCIA

O sistema vascular apresenta células parenquimáticas especializadas no transporte à curta distância. Essas células apresentam citoplasma mais denso e uma intensa atividade metabólica, onde se pode observar o aumento do número de certas organelas. Em algumas espécies como, por exemplo, *Euphorbia pilulifera*, tais células se especializaram, apresentando alterações na parede, como inúmeras projeções voltadas para seu interior. Ela é denominada célula de transferência e supõe-se que a membrana plasmática, ao acompanhar a parede invaginada – e com isso aumentar sua área de extensão –, possa facilitar o transporte de solutos.

COMO SE ORIGINA O PARÊNQUIMA?

As células parenquimáticas originam-se a partir do crescimento e da diferenciação das células do meristema fundamental do corpo primário da planta. Elas podem ter ainda origem no procâmbio e no câmbio vascular, quando eles pertencerem ao sistema vascular proveniente do corpo primário ou do secundário, respectivamente (revisar Aula 6).

No sistema fundamental, além da função de preenchimento, encontramos também tecidos com a importante função de sustentação mecânica das plantas. São eles: o colênquima e o esclerênquima, que serão descritos a seguir.

A PLASTICIDADE DO COLÊNQUIMA SUSTENTA ÓRGÃOS JOVENS AINDA EM CRESCIMENTO

O colênquima é o tecido de sustentação mecânico. Ele é constituído por células vivas que apresentam as paredes celulares primárias irregularmente espessadas. Além do espessamento parietal irregular, suas células apresentam protoplasto com citoplasma fluido, vacúolo grande, podendo ocorrer cloroplastos. Esse tecido também pode voltar à atividade meristemática e até mesmo formar o felogênio, que é o meristema secundário formador da periderme (esse assunto está detalhado na Aula 6).

Uma característica importante do colênquima é a natureza plástica de sua parede celular. Essa plasticidade possibilita o crescimento do órgão ou tecido até atingir a maturidade. Sua função é sustentar, em caules e folhas, plantas herbáceas em crescimento. Já em plantas que apresentam crescimento secundário, o colênquima oferece suporte temporário a seu eixo. Geralmente, esse tecido não aparece em raízes.

Curiosidades: Ressaltamos aqui a importância do crescimento e alongamento rápido desse tecido, considerado o mais veloz entre os outros tipos de células vegetais. Durante a expansão completa da flor de trigo (*Triticum sp.*), por exemplo, os filetes das anteras podem se estender numa razão de 2-3mm/minuto. Tal crescimento é resultante de mudanças rápidas na forma das células, acompanhadas de alongamento das paredes.

O grau de espessamento parece estar relacionado às necessidades da planta, pois em espécies sujeitas à ação de agentes externos, como ventos fortes, o espessamento das paredes celulares inicia-se precocemente e torna-se mais acentuado do que o espessamento de espécies sob condições amenas.

Outra função importante do colênquima a ser mencionada é que as regiões jovens geralmente são tenras e, portanto, mais facilmente atacadas por herbívoros. Há, então, a necessidade de cicatrização e regeneração celular que será realizada através de sua capacidade de reassumir a atividade meristemática, como já foi mencionado. Em regiões mais velhas da planta, o colênquima pode se transformar em esclerênquima, pela deposição de paredes secundárias lignificadas.

É indiscutível a característica mais marcante do colênquima, que é o espessamento parietal celulósico irregular, apresentando áreas bem espessadas. Isso é facilmente visualizado em cortes frescos transversais e longitudinais desse tecido: ele tem uma aparência brilhante, devido à composição de sua parede celular. Essas paredes, além da celulose, são ricas em substâncias pécticas e apresentam uma grande quantidade de água, que atinge 60% do seu peso. É possível identificar nelas várias camadas desse tecido, mesmo em microscopia óptica, alternando camadas ricas em celulose com camadas ricas em substâncias pécticas. O depósito das áreas espessadas ocorre antes de a célula estar completamente alongada. Alguns pesquisadores acreditam que o colênquima seja apenas uma variação do parênquima, devido à semelhança com essas células por possuírem protoplasto vivo, campos de pontoações primários, entre outros aspectos. O termo colenquimatoso é utilizado para tecidos que apresentam certas características de colênquima. Resumindo então, devido às características apresentadas acima, pode-se dizer que tal tecido é especialmente adaptado à sustentação de órgãos jovens em crescimento, por apresentar células vivas na maturidade, tendo a capacidade de continuar a desenvolver paredes espessadas e flexíveis enquanto o órgão está se alongando.

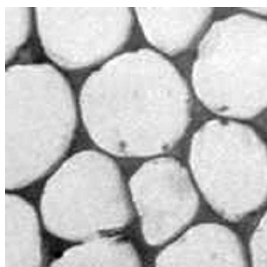
Uma outra importante característica desse tecido é a sua localização sempre periférica. É encontrado abaixo ou a poucas camadas abaixo da epiderme. Pode ocorrer como um cilindro contínuo, conforme acontece no caule de *Sambucus sp.* (sabugueiro), ou em cordões individuais, como em *Cucurbita sp.* (abóboreira). Nas folhas, ocorre no pecíolo, na nervura central ou na borda do limbo. A polpa de frutos macios e comestíveis geralmente é colenquimatoso.

OS TIPOS CELULARES DE COLÊNQUIMA

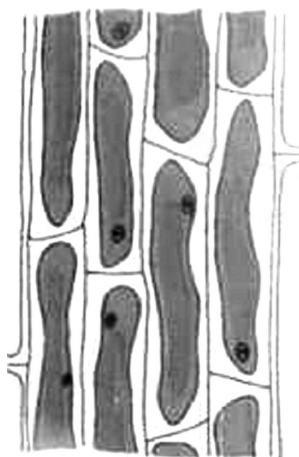
Os tipos celulares de colênquima encontrados nas plantas são classificados quanto à forma de deposição do espessamento na parede celular em: angular, lacunar, lamelar e anular ou anelar.

- a) **Colênquima angular** – É o tipo de colênquima mais comum. Nesse tipo de tecido, as paredes celulares apresentam maior espessamento no encontro de três ou mais células, o que é facilmente visualizado em seu corte transversal (**Figura 8.7.a**). Em uma visão longitudinal, observam-se os espessamentos irregulares na parede, porém, não é possível classificar o tipo de colênquima (**Figura 8.7. b**). Exemplos de tal espessamento ocorrem no colênquima do pecíolo de begônia (*Begonia sp.*), no caule de figueira (*Ficus sp.*) e de aboboreira (*Cucurbita sp.*).
- b) **Colênquima lacunar** – Nesse tipo, o espessamento parietal é mais pronunciado na porção voltada para os espaços intercelulares existentes. Ele é muito comum no caule de várias espécies de Asteraceae.
- c) **Colênquima lamelar** – Esse tipo é identificado por um espessamento nas paredes periclinais internas e externas das células, como o encontrado no caule de *Sambucus nigra*.

Figura 8.7: Detalhe de colênquima do tipo angular (A). Esquema de corte longitudinal do colênquima (B).



a



b

- d) **Colênquima anular ou anelar** – É caracterizado por apresentar espessamentos parietais uniformes. Em corte transversal, observamos o espessamento da parede envolvendo toda célula. Alguns autores acreditam que ele seja uma variação do tipo angular. É encontrado no pecíolo de *Datura innoxiosa* e no bordo de *Psychotria vellosiana*.

A ELASTICIDADE DO ESCLERÊNQUIMA CONFERE RIGIDEZ PARA SUSTENTAÇÃO E PROTEÇÃO DO CORPO PRIMÁRIO E SECUNDÁRIO DA PLANTA

O tecido de sustentação da planta tem uma importância crucial no desenvolvimento e em sua maturidade funcional. Conforme foi anteriormente mencionado, durante o crescimento da planta, a plasticidade da parede celular do colênquima é muito importante para que as células suportem o alongamento. Porém, atingindo a maturidade, a célula deve assumir uma forma definida e, nesse caso, a elasticidade da parede é mais relevante que a plasticidade. Essa elasticidade é encontrada no tecido esclerenquimático; ou seja, ocorre um depósito de parede secundária lignificada no tecido, apresentando espessamentos parietais uniformes que conferem a ele dureza e rigidez.

O esclerênquima tem origem primária e secundária. Geralmente suas células não mantêm seus protoplastos vivos na maturidade. As paredes secundárias podem ser depositadas após as células terem atingido o seu tamanho final, ou enquanto a célula está se alongando. A composição da parede secundária é de celulose, hemicelulose, substâncias pécticas e de 18 a 35% de lignina.

A lignina, substância amorfa encontrada nas plantas vasculares, é formada pela polimerização de radicais livres de vários álcoois como o p-coumaril, coniferil e sinaptil. Essa substância altera a natureza da parede secundária; ocorre então polimerização ao acaso, formando uma rede tridimensional ancorada nas microfibrilas de celulose, o que confere rigidez a esse tecido. Sua estrutura química difere nos vários grupos vegetais e os precursores da lignina são sintetizados nos protoplastos, atravessam a membrana plasmática e permeiam a parede celular.

A lignificação começa primeiro na lamela média e na parede primária; depois, abrange também a parede secundária. Com o depósito de lignina, a parede celular se torna inerte, o que confere resistência e proteção à planta, evitando ataque químico, físico e biológico. A passagem de água e da maioria das substâncias dissolvidas nela torna-se extremamente lenta, o que vai regular a hidratação da célula. A forma das células do esclerênquima pode variar muito e esse caráter é utilizado na classificação do tecido.

Resumindo: Por todas as características descritas, a função do esclerênquima é proteger o corpo da planta e servir de suporte a ele. Isso pode ser fornecido por células isoladas ou agregadas. A parede elástica pode ser deformada por tensão ou pressão, causadas pelos mais variados agentes, como vento, por exemplo; no entanto, reassume sua forma e tamanho original quando essas forças desaparecem. Outro fator importante é que a lignina encontrada nesse tecido não é ingerida por animais e insetos; ela funciona como um mecanismo de defesa em muitos órgãos da planta.

OS TIPOS CELULARES ENCONTRADOS NO ESCLERÊNQUIMA

Dois tipos de células esclerenquimáticas são classificadas basicamente quanto sua forma: os esclereídes e as fibras.

OS ESCLEREÍDES SÃO DIFERENCIADOS E CLASSIFICADOS POR SUA FORMA

Suas células são curtas, com paredes secundárias muito espessadas e com lamelas concêntricas interrompidas por numerosas pontoações. Esses tipos celulares são largamente distribuídos em diversas famílias de Angiospermas, sendo mais freqüentes nas Dicotiledôneas. Os tipos encontrados são classificados de acordo com sua forma:

- a) **Braquiesclereídes** – são células curtas isodiamétricas que aparecem em agregados, também conhecidos como células pétreas. Por exemplo, podemos encontrar células pétreas no fruto da pêra, o que lhe confere uma textura arenosa.
- b) **Astrosclereídes** – células ramificadas, que apresentam prolongamentos geralmente longos, como ocorre em folhas de *Nymphaea* (Figura 8.8).

- c) **Osteosclereídes** – apresentam-se em forma de osso.
- d) **Macroscleídes** – células alongadas em forma de coluna. Ocorrem, por exemplo, no tegumento de semente de feijão.
- e) **Tricosclereídes** – apresentam-se ramificados em forma semelhante a tricomas, estendendo-se ao interior de espaços intercelulares.
- f) **Esclereídes difusos** – aparecem dispersos no mesofilo foliar.
- g) **Esclereídes terminais** – confinados no final de pequenas veias.



Figura 8.8: Astroscleídes (A) no mesofilo de *Nymphaea sp.*

AS FIBRAS EXTRAXILEMÁTICAS E XILEMÁTICAS

As fibras são células esclerificadas longas, que apresentam extremidades afiladas, lume celular reduzido e paredes secundárias espessas. Como as esclereídes, elas são encontradas em várias partes do corpo da planta e servem como elemento de sustentação nas partes vegetais que não mais se alongam. Podem ser classificadas artificialmente como fibras extraxilemáticas e xilemáticas.

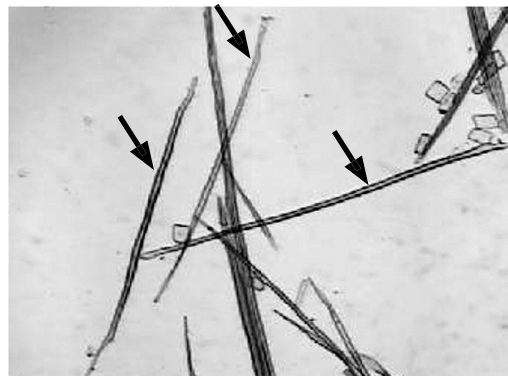


Figura 8.9: Fibras xilemáticas de *Viola oleifera* (setas).

As fibras extraxilemáticas ocorrem em tecidos diferentes do xilema. Nas Dicotiledôneas, essas fibras são floemáticas e denominadas de fibras macias. Apresentam células muito alongadas e com pouca lignina. Já nas Monocotiledôneas, as fibras têm origem pericíclica, formando bainhas associadas com sistema vascular ou feixes isolados. São muito lignificadas e são chamadas de fibras duras como, por exemplo, *Sansivieria zeylanica* (espada-de-são-jorge). As fibras não amadurecem por igual. As pontas têm paredes mais finas que a região mediana, que amadurece primeiro. A ponta que está em crescimento se intromete entre as células destruindo a lamela média, chegando até a cutícula. Denomina-se a esse processo crescimento intrusivo. O grupo das fibras xilemáticas (Figura 8.9) será estudado juntamente com o xilema (Aula 10).

Curiosidades: As fibras, além de suporte mecânico para tecidos já diferenciados, apresentam também importância econômica e são utilizadas no comércio. Este é o caso do *Cannabis sativa* (cânhamo) e *Boehmeria nivea* (rami). No cânhamo, as células têm cerca de 6cm de comprimento, enquanto no rami, elas chegam a ter 55cm.

A ORIGEM DAS FIBRAS E DOS ESCLEREÍDES DEPENDE DO TECIDO AO QUAL PERTENCEM

As fibras apresentam origens diferentes, dependendo da localização e do tecido ao qual pertencem. As extraxilemáticas originam-se do meristema fundamental ou de células já diferenciadas do sistema fundamental. Já as xilemáticas surgem do procâmbio, quando produzem fibras do xilema e do floema primário; ou do câmbio vascular, quando elas produzem novas células do xilema e do floema secundários. Alguns esclereídes, como, por exemplo, os braquiesclereídes, são inicialmente células não diferenciadas do parênquima, até que se inicie a deposição da parede secundária. Os demais tipos apresentam a mesma forma desde o início quando adquirem longos braços.

A formação dos esclereídes pode ocorrer em qualquer período da ONTOGÊNESE do órgão; em *Camellia sp.*, por exemplo, aparece na folha bem jovem. De um modo geral, admite-se que em ambos, esclereídes e fibras, após completo desenvolvimento de suas paredes secundárias, o protoplasto não mais funcional é eliminado. A presença de numerosas pontuações indica que essas células podem manter um protoplasto vivo enquanto necessário. Em muitos casos, entretanto, não há necessidade de mantê-lo vivo, como ocorre no esclerênquima das sementes, onde apenas o embrião e o endosperma precisam de células vivas.

ONTOGÊNESE

É o estudo do histórico do desenvolvimento de um organismo individual ou de uma de suas partes.

Quadro 1: Diferenças entre tecidos encontrados no sistema fundamental.

	Parênquima	Colênquima	Esclerênquima
Origem	Meristema primário e secundário	Meristema primário	Meristema primário e secundário
Localização	Em todas as regiões da planta	Periférica	Larga distribuição
Protoplasto	Vivo	Vivo	Morto
Parede Celular	Delgada/primária e celulósica	Espessa, irregular/primária e celulósica	Espessa, secundária e lignificada
Propriedade da parede	Plástica	Plástica	Elástica
Função	Preenchimento, armazenamento e reserva	Sustentação e proteção	Sustentação e proteção

RESUMO

O sistema fundamental é composto principalmente de três tecidos: parênquima, colênquima e esclerênquima; tais tecidos podem ser diferenciados basicamente pela estrutura de sua parede celular. O termo parênquima refere-se a uma célula típica ou a um tecido que exibe relativamente características com pouca especialização morfológica. Quanto à função, esse tecido pode ser classificado em: fundamental, clorofiliano, de reserva, e de transporte à curta distância; o parênquima do sistema fundamental tem função de preenchimento; o clorofiliano é o tecido especializado na produção de fotoassimilados; o de reserva armazena substâncias do metabolismo da planta, e o de transporte auxilia na condução à curta distância.

No sistema fundamental, além da função de preenchimento, encontramos ainda tecidos com a importante função de sustentação mecânica das plantas. São eles: o colênquima e o esclerênquima. O colênquima é o tecido constituído por células vivas que apresentam as paredes celulares primárias irregularmente espessadas.

O esclerênquima tem origem primária e secundária e geralmente suas células não mantêm seus protoplastos vivos na maturidade. Suas paredes secundárias lignificadas podem ser depositadas após as células terem atingido o seu tamanho final, ou enquanto a célula está se alongando. Durante o crescimento da planta, a plasticidade da parede celular do colênquima é muito importante para que as células suportem o alongamento. Porém, atingindo a maturidade, a célula deve assumir uma forma definida e, nesse caso, a elasticidade da parede é mais relevante que a plasticidade. A elasticidade é encontrada no esclerênquima.

QUESTÕES RELACIONADAS AOS OBJETIVOS DA AULA

1. Diferencie os três tipos de tecidos do sistema fundamental, através da estrutura de sua parede celular.
2. Cite os tipos de parênquima quanto a sua função.
3. Diferencie o colênquima do esclerênquima.
4. No colênquima, a parede celular é plástica e no esclerênquima ela é elástica. Em que essa diferença de propriedade da parede influencia?
5. Quais os tipos celulares encontrados no colênquima?
6. Quais os tipos celulares encontrados no esclerênquima?

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Nas Aulas 9 e 10, estudaremos os tipos celulares encontrados no sistema vascular composto pelo xilema (Aula 9) e pelo floema (Aula 10). Também trataremos das variações morfológicas de suas células, que refletem a função de transporte à longa e à curta distância de que este sistema necessita.

Sistema vascular – xilema

AULA

9

objetivos

Após a leitura desta aula, você deverá estar capacitado para:

- Definir os tecidos responsáveis pelo transporte de substâncias nos vegetais.
- Descrever a organização estrutural do xilema.
- Distinguir as diferenças entre xilema primário e secundário.

Pré-requisito

Ter compreendido a estrutura da célula vegetal (Aula 5) e ter pleno conhecimento da organização dos meristemas primários e secundários (Aula 6), bem como do sistema fundamental (Aula 8) constituem os pré-requisitos para você tirar melhor proveito desta aula.

SISTEMA VASCULAR OU CONDUTOR

Como já observamos em outras aulas, as células dos vegetais assim como as dos animais estão organizadas em tecidos que, por sua vez, encontram-se agrupados em sistemas. Agora iniciaremos o estudo do sistema vascular, também denominado sistema condutor.

O sistema vascular é constituído por dois tipos básicos de tecidos condutores: o **xilema** – condutor de água e sais minerais – e o **floema** – condutor dos produtos elaborados a partir da fotossíntese (**Figura 9.1**). Em conjunto, esses tecidos percorrem a planta inteira, incluindo todas as ramificações do caule, raiz, folhas, flores, frutos e sementes (as Aulas 20 e 21 discutem os mecanismos de transporte no xilema e floema).

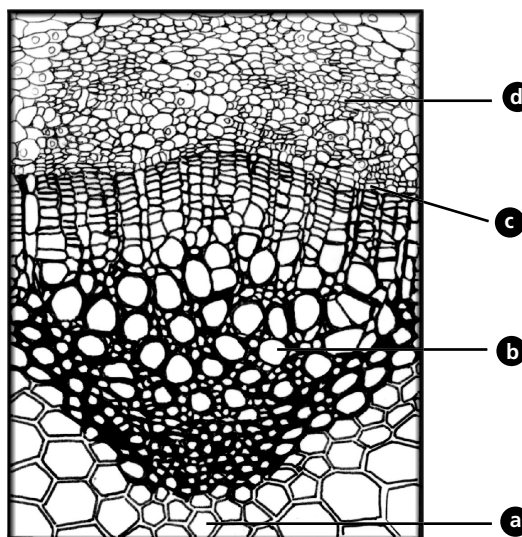


Figura 9.1: Detalhe de um feixe vascular em seção transversal, constituído por: (a) parênquima; (b) xilema; (c) câmbio vascular; (d) floema.

A importância fisiológica e filogenética do aparecimento dos tecidos condutores determinou a separação taxonômica das plantas em vasculares (Pteridófitas, Gimnospermas e Angiospermas) e avasculares (Algas e Briófitas), conforme já observamos em aulas anteriores.

Sob o aspecto do desenvolvimento, convém distinguir os tecidos vasculares primário e secundário. Os primários diferenciam-se durante a formação do corpo primário da planta, a partir do procâmbio (**xilema e floema primários**); os secundários, a partir do câmbio vascular (**xilema e floema secundários**), contribuindo para o crescimento e, portanto, para formação do corpo secundário do vegetal.

XILEMA

O termo xilema se origina da palavra grega *xylon*, que significa madeira. Sua principal função é o transporte de água e sais minerais; todavia, esse tecido desempenha também as funções de sustentação do corpo vegetal e de armazenamento de substâncias como: o amido, os compostos fenólicos, o cálcio, a sílica, dentre outros. O xilema é um tecido complexo, constituído por diferentes tipos celulares aos quais são atribuídas diferentes funções, como veremos a seguir:

Elementos traqueais

Os elementos traqueais constituem as células condutoras do xilema; ou seja, são aquelas relacionadas efetivamente ao transporte a longa distância.

Existem dois tipos básicos de elementos traqueais: as **traqueídes** e os **elementos de vaso** (Figura. 9.2). Ambos caracterizam-se por serem células alongadas que possuem paredes lignificadas, com pontoações areoladas e desprovidas de protoplasto vivo na maturidade.

Há divergência entre os anatomistas quanto ao emprego dos termos. Alguns autores preferem traqueíde e fibrotraqueíde, enquanto outros elegem traqueídeo e fibrotraqueídeo; e outros, ainda, traqueóide e fibrotraqueóide, por considerarem que estes dois últimos estão mais de acordo com a etimologia em português.

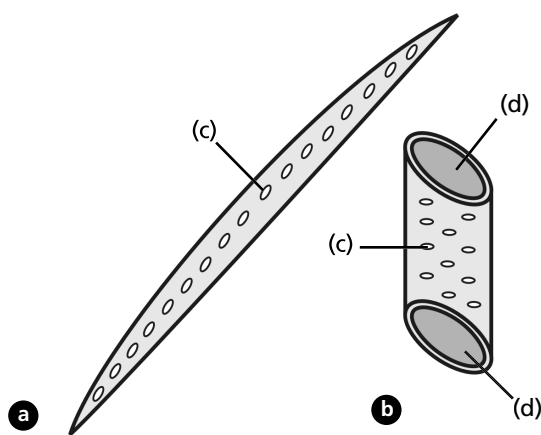


Figura 9.2: Representação esquemática dos dois tipos de células condutoras – elementos traqueais – que constituem o xilema. (a) traqueíde; (b) elemento de vaso. Notem as pontoações distribuídas ao longo das paredes laterais das duas células (c) e as placas de perfuração nas paredes terminais do elemento de vaso (d).

A diferença principal entre os dois tipos celulares é que as traqueídes são imperfuradas, enquanto os elementos de vaso são perfurados, isto é, são dotados de **placas de perfuração**, o que diminui as barreiras para o transporte por essas células (**Figuras 9.2 e 9.3**). As traqueídes são típicas das Gimnospermas, ocorrendo também entre algumas famílias primitivas das Angiospermas. Elas se posicionam empilhadas em fileiras longitudinais, justapondo-se pelas extremidades não perfuradas. Já os elementos de vaso são característicos das Angiospermas e das ordens mais evoluídas das Gimnospermas. Também ocorrem em fileiras longitudinais e se comunicam entre si através das placas de perfuração, constituindo os **vasos**.

Tanto as traqueídes como os elementos de vaso se originam do procâmbio, quando em crescimento primário – xilema primário; ou das células iniciais fusiformes do câmbio vascular, quando em estrutura secundária – xilema secundário. No curso de sua diferenciação, esses elementos traqueais perdem seus protoplastos, a fim de se tornarem aptos para o transporte da água e dos sais minerais. Nos elementos de vaso, a parede terminal de cada um deles sofre um processo de dissolução, originando verdadeiros orifícios que constituem as placas de perfuração (**Figuras 9.2 e 9.3**). A dissolução da parede terminal pode ser total – placa de perfuração **simples** (**Figura 9.3.d**); ou parcial – placas de perfuração **escalariforme** (**Figura 9.3.c**), **reticulada** (**Figura 9.3.b**), **radiada**, **mista** ou **foraminada** (**Figura 9.3.a**). Tanto os elementos de vaso como as traqueídes apresentam **pontoações areoladas** em suas paredes (**Figuras 9.2 e 9.4**). As pontoações areoladas nas traqueídes apresentam **toro** (**Figura 9.4.b e c**), que nada mais é do que uma porção central espessada da membrana da pontoação. Nos elementos de vaso, elas ocorrem preferencialmente nas paredes laterais (**Figura 9.2**), enquanto nas traqueídes, sucedem por toda a parede (**Figura 9.2**).

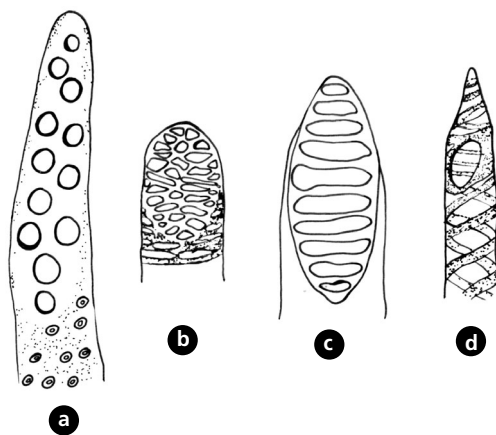


Figura 9.3: Representação esquemática dos diferentes tipos de placas de perfuração. (a) foraminada; (b) reticulada; (c) escalariforme; (d) simples. (adaptado do livro *Anatomia Vegetal*, Fahn, A. 1974).

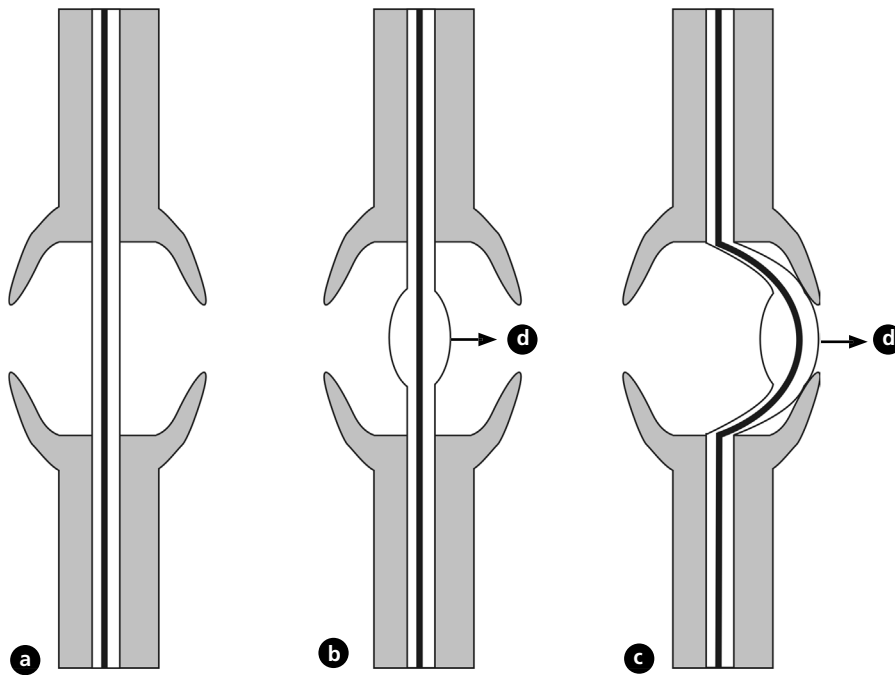


Figura 9.4: Detalhe das pontoações areoladas de um elemento de vaso (a) e de uma traqueíde (b-c). Em (c), observamos o deslocamento do toro bloqueando a abertura da pontoação; (d) toro.

As pontoações areoladas podem variar quanto ao aspecto e distribuição. Essas características são importantes no xilema secundário para a identificação das madeiras. Quanto à distribuição, as pontoações podem ser classificadas como **alternas**, **opostas** e **escalariformes** (Figura 9.5). Algumas pontoações são dotadas de projeções da parede secundária na câmara da pontoação: são as **pontoações ornamentadas** ou **guarnecidas**. Essas pontoações são características de algumas famílias, como, por exemplo, as Leguminosae e Myrtaceae e nem sempre são observadas com clareza ao microscópio óptico, sendo necessário recorrer ao microscópio eletrônico de varredura para uma melhor definição de suas próprias ornamentações.

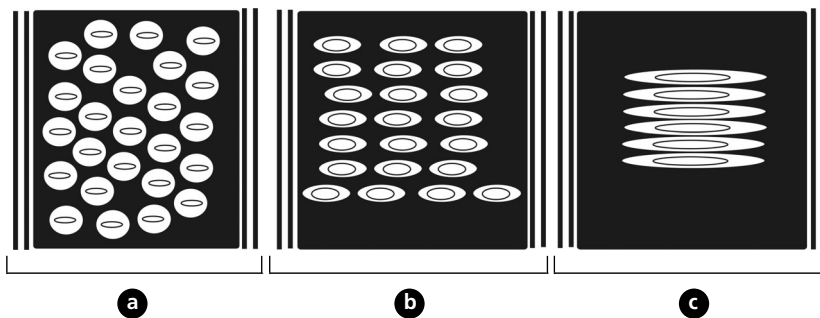


Figura 9.5: Representação esquemática dos diferentes arranjos das pontoações na parede dos elementos de vaso. (a) alternas; (b) opostas; (c) escalariformes.

As paredes das traqueídes e dos elementos de vaso podem apresentar as seguintes formas de espessamento: **anelar** (Figura 9.6.a), **helicoidal** (Figura 9.6.b) ou **espiralado**, **escalariforme** (Figura 9.6.c), **reticulado** e **pontoado** (Figura 9.6.d). Esses espessamentos contribuem para aumentar a resistência da parede, de forma que a célula suporte as altas pressões advindas do transporte de água.

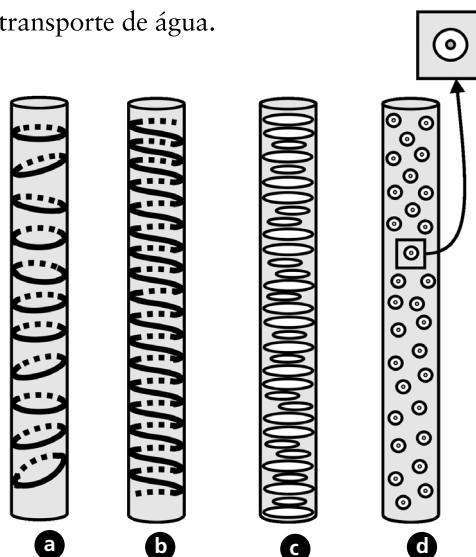


Figura 9.6: Representação esquemática dos diferentes padrões de espessamento parietal nos elementos de vaso em seção longitudinal. (a) anelar; (b) helicoidal; (c) escalariforme; (d) pontoado (adaptado do livro *Biologia Vegetal*, Raven, P. H.; Evert, R. F. & Eichhorn, 2001).

Além dos elementos traqueais, o xilema contém células parenquimáticas e fibras.

Parênquima

Tanto no xilema primário como no secundário, encontram-se células parenquimáticas. Elas possuem conteúdos variados, podendo acumular substâncias como: amido, lipídio, compostos fenólicos, cristais de cálcio etc. Essas células auxiliam a distribuição de água a curta distância, sendo as principais responsáveis pelo transporte lateral.

Fibras

As fibras são células de sustentação, responsáveis pela rigidez ou flexibilidade de um determinado órgão vegetal. Possuem a forma alongada, com extremidades afiladas e paredes muito espessas. Como já sabemos, dividem-se em fibras libriformes e fibrotraqueídes, que podem ou não ser septadas ou gelatinosas. Os elementos septados retêm seus protoplastos na maturidade, são multinucleados e estão relacionados à reserva de substâncias.

XILEMA PRIMÁRIO

O **xilema primário** está dividido em **protoxilema** e **metaxilema**, ambos originados a partir do procâmbio. O protoxilema amadurece muito cedo no órgão vegetal, antes mesmo de a fase de alongamento estar completa. O metaxilema, ao contrário, só amadurece após o final da fase de alongamento e permanece ativo para o transporte durante toda a vida da planta quando ela não apresenta crescimento secundário.

Um aspecto importante da diferenciação do xilema primário envolve a maturação dos primeiros elementos traqueais na raiz e no caule. Na **raiz**, as primeiras células que se tornam ativas para o transporte de água amadurecem na porção mais externa do xilema. A direção da maturação dos elementos traqueais é centrípeta e o **protoxilema é denominado exarco**. No **caule**, as primeiras células que se tornam ativas para o transporte amadurecem na porção mais interna, e as subseqüentes amadurecem em direção centrífuga, sendo o **protoxilema denominado endarco**. A posição do protoxilema em relação à periferia da raiz e do caule constitui um caráter fundamental para o reconhecimento desses órgãos quando fragmentados (esse assunto será tratado posteriormente nas Aulas 18 e 23).

XILEMA SECUNDÁRIO

O **xilema secundário** origina-se do câmbio e difere basicamente do xilema primário por apresentar um padrão característico de organização celular. No secundário, observamos a formação do **sistema axial** e do **sistema radial** (Tabela 9.1), o que não ocorre no primário.

Tabela 9.1: Tipos celulares do xilema secundário.

Sistemas	Origem a partir do câmbio vascular	Tipos celulares
Axial	células iniciais fusiformes	traqueídes elementos de vaso fibras libriformes fibrotraqueídes parênquima axial estruturas secretoras
Radial	células iniciais radiais	parênquima radial (raio) estruturas secretoras

As células que integram o sistema axial originam-se das células iniciais fusiformes (volte à Aula 6 e reveja a **Figura 6.8**) e, quando completamente diferenciadas, apresentam seu maior eixo orientado no sentido vertical (**Figura 9.9**). Já as células do sistema radial originam-se das iniciais radiais e, quando completamente diferenciadas, apresentam seu maior eixo no sentido horizontal (**Figura 9.9**). Tanto no sistema axial quanto no radial ocorrem células vivas e células mortas, isto é, desprovidas de protoplasto vivo. A proporção e o arranjo de tais células variam consideravelmente de acordo com as espécies e, de algum modo, com a época do ano em que são formadas e com o órgão em que se desenvolvem (caule ou raiz). Em muitas plantas, o sistema radial consiste inteiramente de células vivas. No sistema axial, há sempre uma menor proporção desse tipo de células, uma vez que em sua constituição encontram-se os elementos traqueais e as fibras.

PARÊNQUIMA AXIAL

O parênquima axial desempenha a função de armazenamento e de translocação de água e solutos a curta distância; é mais freqüente e abundante nas Angiospermas e raro; ou mesmo ausente; nas Gimnospermas. Destaca-se na estrutura da madeira por apresentar células alongadas no sentido vertical e paredes mais delgadas, em comparação com as paredes dos elementos traqueais e das fibras.

O parênquima axial é classificado de acordo com seu padrão de distribuição em relação aos vasos da seguinte forma:

- parênquima paratraqueal, quando ocorre associado aos elementos de vaso (**Figura 9.7.a-e**);
- parênquima apotraqueal, quando não está em contato direto com os elementos de vaso (**Figura 9.7.f-g**);
- parênquima em faixas, quando pode ou não estar associado aos vasos, formando faixas retas, onduladas, ou em diagonal, contínuas ou descontínuas (**Figura 9.7.h**).

O parênquima paratraqueal pode apresentar diferentes padrões e recebem as denominações que se seguem:

- parênquima paratraqueal vasicêntrico (**Figura 9.7.a**), quando as células parenquimáticas formam uma bainha completa em torno dos vasos;

- parênquima paratraqueal aliforme (**Figura 9.7.b**), se as células envolvem completamente o vaso ou estão localizadas apenas em um de seus lados, sendo que em ambos os casos apresentam projeções laterais semelhantes a asas;
- parênquima paratraqueal confluyente (**Figura 9.7.c**), quando o parênquima vasicêntrico ou aliforme, de dois ou mais vasos contíguos se unem, formando faixas irregulares;
- parênquima paratraqueal unilateral (**Figura 9.7.d**), quando as células parenquimáticas agrupam-se apenas em um dos lados do vaso e podem se estender tangencialmente ou obliquamente em arranjo aliforme ou confluyente;
- parênquima paratraqueal escasso (**Figura 9.7.e**), quando poucas células parenquimáticas estão em contato com o elemento de vaso.

O parênquima apotraqueal compreende:

- parênquima apotraqueal difuso (**Figura 9.7.f**), com células ou pequenos grupos isolados de células entre as fibras;
- parênquima apotraqueal difuso em agregados (**Figura 9.7.g**), com séries de células agrupadas, formando pequenas faixas, descontínuas, tangenciais ou oblíquas, descontínuas.

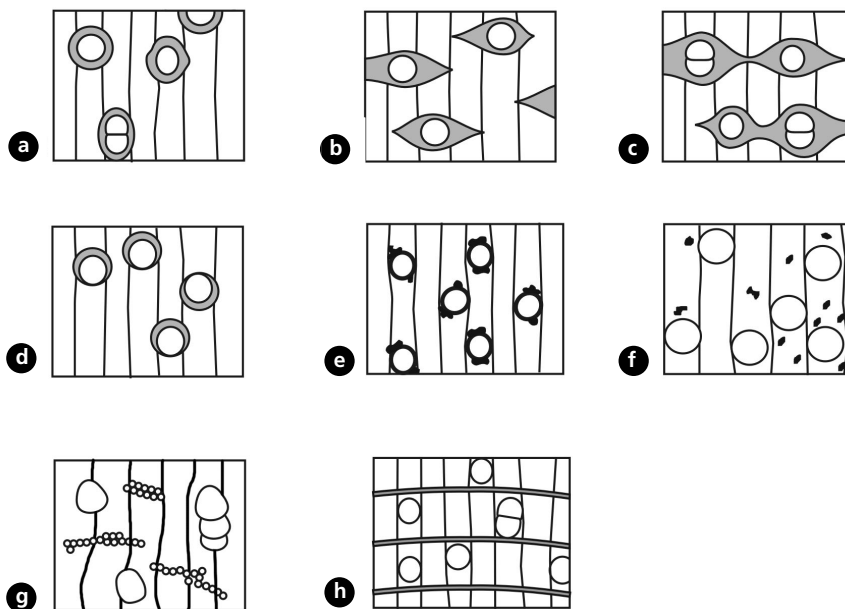


Figura 9.7: Representação esquemática dos diferentes padrões de distribuição do parênquima axial no xilema secundário. (a) parênquima paratraqueal vasicêntrico; (b) parênquima paratraqueal aliforme; (c) parênquima paratraqueal confluyente; (d) parênquima paratraqueal unilateral; (e) parênquima paratraqueal escasso; (f) parênquima apotraqueal difuso; (g) parênquima apotraqueal difuso em agregados; (h) parênquima em faixas.

PARÊNQUIMA RADIAL (RAIO)

Os raios originam-se das iniciais radiais do câmbio vascular e, como o parênquima axial, são responsáveis pelo armazenamento e translocação de água e solutos a curta distância, principalmente no sentido lateral. Eles são compostos basicamente por três tipos de células parenquimáticas: as **procumbentes**, as **eretas** e as **quadradas**; essa classificação se baseia no aspecto que apresentam nas seções radiais e tangenciais. Em seção radial, a célula procumbente apresenta uma dimensão maior no sentido radial; a célula quadrada recebe tal denominação por ser aproximadamente isodiamétrica, quer dizer, quadrada; já a célula ereta mostra maior dimensão no sentido axial. Quanto à composição, organização e número de células, os raios podem variar consideravelmente, por isso são classificados em: raios **homocelulares**, se formados por um único tipo celular, e raios **heterocelulares**, quando formados por dois ou mais tipos de células, combinando procumbentes e quadradas, procumbentes e eretas ou procumbentes, eretas e quadradas. Os raios homocelulares ou heterocelulares podem ser **uniseriados**, se constituídos apenas por uma fileira de células em largura, ou **multiseriados**, quando formados por duas ou mais células em largura (**Figura 9.8**).

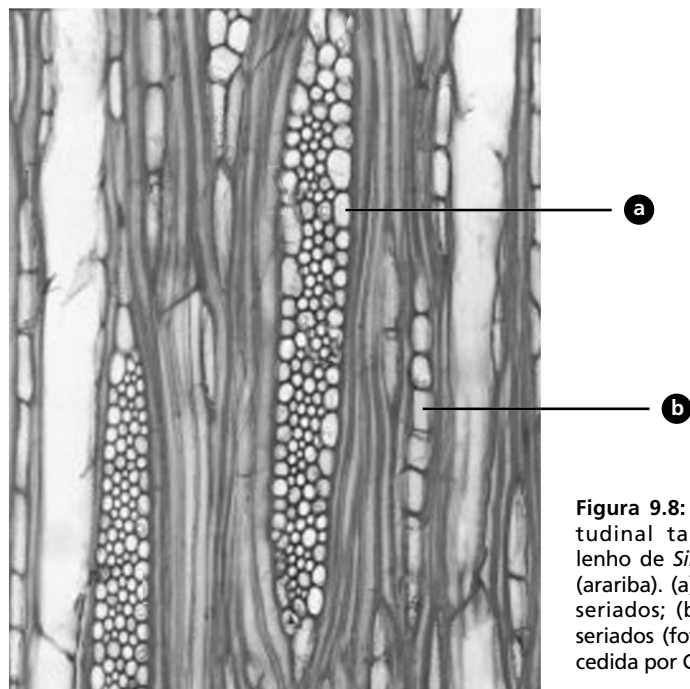
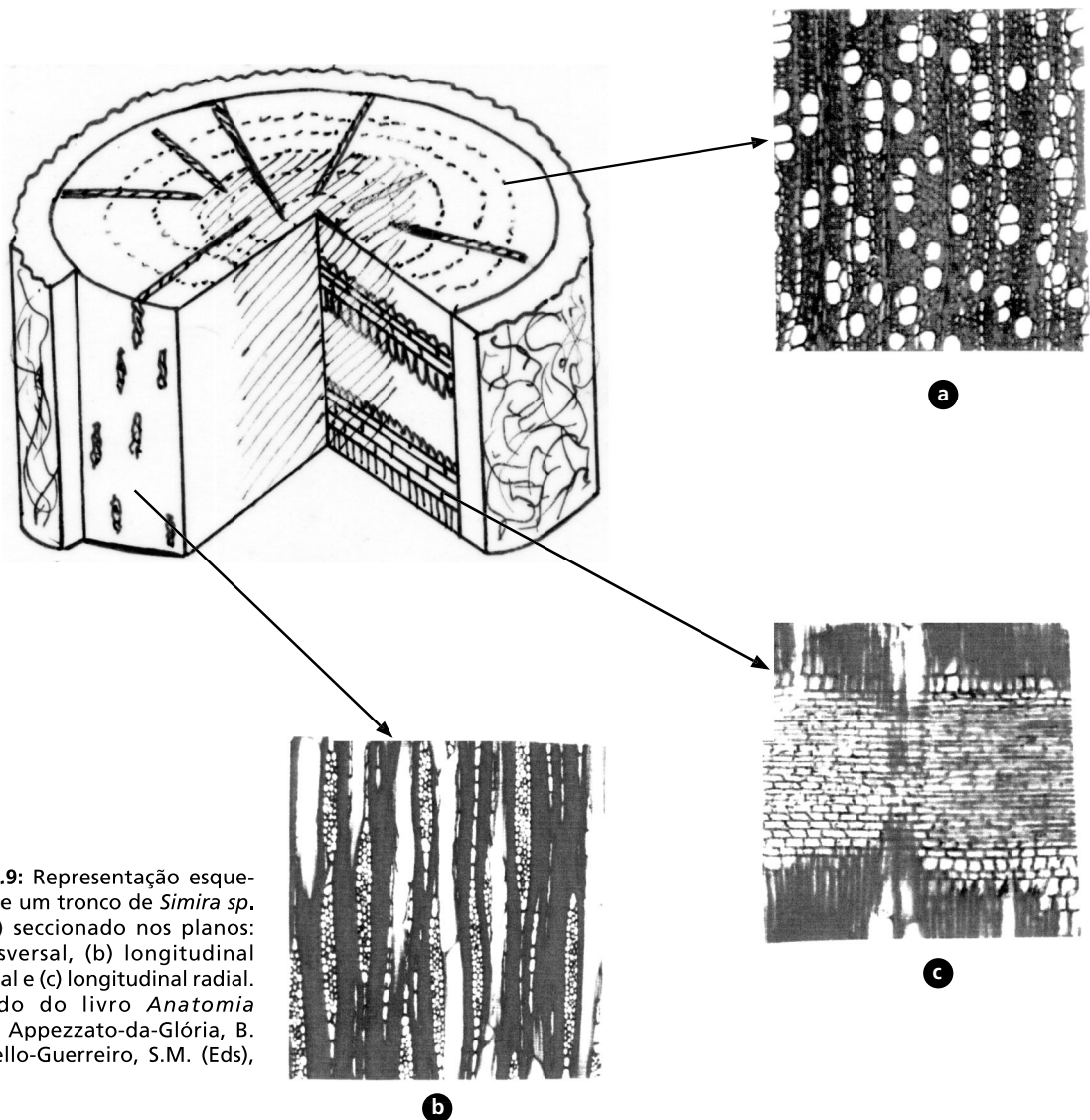


Figura 9.8: Seção longitudinal tangencial do lenho de *Simira glaziovii* (arariba). (a) raios multiseriados; (b) raios uniseriados (fotomicrografia cedida por Callado, C. H.).

Para observação desses tipos celulares e seus diferentes arranjos, é necessário seccionar a madeira (xilema secundário) em três planos diferentes. Esses planos ou superfícies são: **transversal**, **longitudinal radial** e **longitudinal tangencial** (Figura 9.9). Na seção transversal, que é perpendicular ao comprimento da árvore, observa-se o menor diâmetro das células do sistema axial e todo o comprimento dos raios (Figura 9.9.a). A seção longitudinal radial é paralela aos raios e perpendicular aos anéis de crescimento e propicia a observação do comprimento das células do sistema axial e a composição celular dos raios (Figura 9.9.b). A seção longitudinal tangencial, perpendicular aos raios, permite a visualização do comprimento das células do sistema axial e da altura e largura dos raios (Figura 9.9.c). Depreende-se, portanto, que o aspecto da madeira varia de acordo com a face analisada, dada a sua organização complexa.



ANÉIS DE CRESCIMENTO

Quando observamos um tronco seccionado transversalmente, notamos freqüentemente camadas mais ou menos concêntricas, que alternam faixas de coloração mais claras e mais escuras, dispostas em anéis ao redor da medula. Essas camadas são denominadas **anéis de crescimento** e decorrem da atividade periódica do câmbio vascular (**Figura 9.10**).

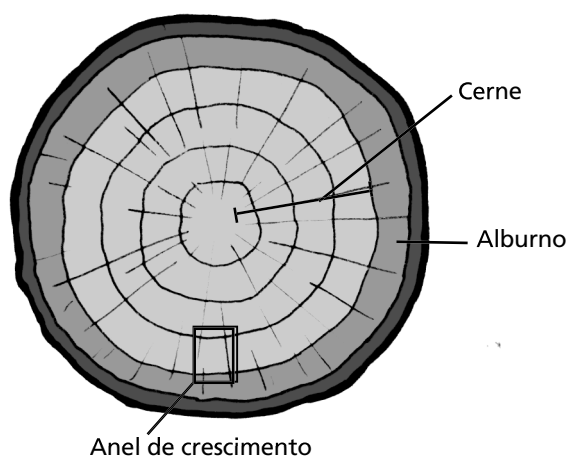


Figura 9.10: Detalhe dos anéis de crescimento no xilema secundário de *Tilia cordata* (adaptado do livro *Introductory Botany*, Berg, L. R., 1997).

A produção de novas células por esse câmbio pode ser constante ou intermitente e é diretamente influenciada pelos fatores ambientais, podendo revelar as estratégias de desenvolvimento estabelecidas pelas árvores de uma determinada região fitogeográfica. Os anéis são geralmente chamados **anéis anuais de crescimento** porque, nas plantas lenhosas das zonas temperadas e naquelas das regiões tropicais, em que existe uma alternância anual de períodos de crescimento e dormência, cada um deles representa o crescimento de um ano. O termo **anel de crescimento** é mais adequado para utilização geral, visto que, sob algumas condições climáticas, os períodos de crescimento nem sempre correspondem ao intervalo de um ano.

Em regiões de clima temperado, com as estações bem definidas, há apenas uma estação de crescimento e, conseqüentemente, uma interrupção por ano, formando, assim, os denominados anéis de crescimento anuais, permitindo concluir pela quantidade deles a idade da árvore. Portanto, o número de anéis existentes em um disco indica o número de vezes que o câmbio interrompeu sua atividade durante o desenvolvimento da árvore.

Já em regiões tropicais onde ocorrem muitas alterações no clima, desfolhações por insetos, períodos prolongados de chuva ou seca, além de outros fenômenos climáticos, a interrupção do crescimento, muitas vezes, não ocorre dentro de estações climáticas definidas. Nesse caso, o número de anéis de crescimento observado no topo da madeira não serve para avaliar a idade de uma árvore.

Além da influência de fatores externos como os ambientais, existem, também, os fatores internos da planta (floração, frutificação e desfolha) que determinam a presença ou a ausência de anéis de crescimento. Isso pode ser verificado em um mesmo ambiente em que ocorrem espécies que apresentam anéis de crescimento e espécies sem esses anéis.

COMO SÃO FORMADOS OS ANÉIS DE CRESCIMENTO?

Cada vez que o câmbio, após um período de dormência, retoma a atividade interrompida, identifica-se um sinal que é representado pela desigualdade entre as células formadas antes da parada do seu funcionamento (dormência) e aquelas que se formam após a retomada da atividade cambial. Assim, em um anel de crescimento típico distinguem-se, normalmente, duas camadas celulares diferentes que recebem as seguintes denominações:

Lenho inicial ou **primaveril** – caracteriza-se pela porção de um anel produzido no início da estação de crescimento (primavera). Essa região possui células com lumens maiores, paredes finas e, conseqüentemente, densidade mais baixa, adquirindo colorações mais claras.

Lenho tardio, **outonal** ou **de verão** – constitui a última camada formada na estação de crescimento, quando o período é menos favorável ao desenvolvimento de novas células. É formado por células de paredes mais espessas, lumens menores, apresentando colorações mais escuras.

A passagem do lenho inicial para o tardio é gradual ou quase imperceptível dentro de um mesmo anel, ocorrendo uma mudança brusca do tardio para o inicial entre anéis subseqüentes.

CERNE E ALBURNO

À proporção que a árvore se desenvolve, uma série de transformações acontece em sua estrutura. Com exceção das células parenquimáticas (parênquima axial e raios) e de algumas fibras (septadas

e gelatinosas) que armazenam substâncias nutritivas e apresentam grande longevidade, apenas as células mais jovens dos elementos traqueais, próximas ao câmbio vascular, são vivas. As demais, após o alongamento e diferenciação celular, perdem seus protoplastos e morrem, passando a conduzir água e os solutos nela dissolvidos. Essa região do xilema secundário que se mantém funcional (o xilema secundário é considerado ativo ou funcional quando está apto ao transporte de água) apresenta-se mais clara e recebe o nome de **alburno** (Figura 9.10). As células que já completaram seu ciclo de vida, tornando-se, pois, inativas para o transporte de água, são geralmente impregnadas por óleos, resinas, gomas e compostos fenólicos e, conseqüentemente, apresentam-se mais escuras e aromáticas. Essa porção mais interna do xilema secundário passa a constituir o **cerne** (Figura 9.10) ou **lenho inativo**. A cada ano, uma determinada porção de alburno se converte em cerne e, em conseqüência, seu diâmetro aumenta anualmente. Por sua vez, o alburno não se torna mais estreito, porque novos anéis de xilema são produzidos pelo câmbio vascular.

O cerne difere do alburno não só por sua coloração mais escura, como também pelo fato de ele não conter substâncias de reserva e por apresentar freqüentemente **tilos** nos elementos condutores inativos (Figura 9.11.a-b).

Os tilos se formam quando uma ou mais células parenquimáticas, adjacentes a um elemento de vaso ou traqueóide inativo, projetam seu protoplasto através das pontuações para o interior do elemento do vaso, obliterando-o (Figura 9.11.a-b). A ocorrência dos tilos evita o fenômeno da cavitação (formação de bolhas de ar), o que impede o transporte de água pelos elementos condutores contíguos, ainda ativos. Os tilos contribuem, ainda, como um mecanismo de defesa da planta contra microorganismos, por propiciarem a compartimentalização e o conseqüente isolamento das áreas atacadas. Eles podem possuir paredes delgadas ou muito espessas (esclerificadas), e apresentar ou não amido, cristais, substâncias fenólicas, resinas, gomas, etc. Tais substâncias são freqüentemente responsáveis pela coloração diferente e pela maior durabilidade do cerne. Ferimentos externos e ataque de agentes destruidores da madeira – xilófagos – podem provocar o surgimento dos tilos.

A formação dos tilos é um processo irreversível que, esporadicamente, pode ocorrer também nas fibras.

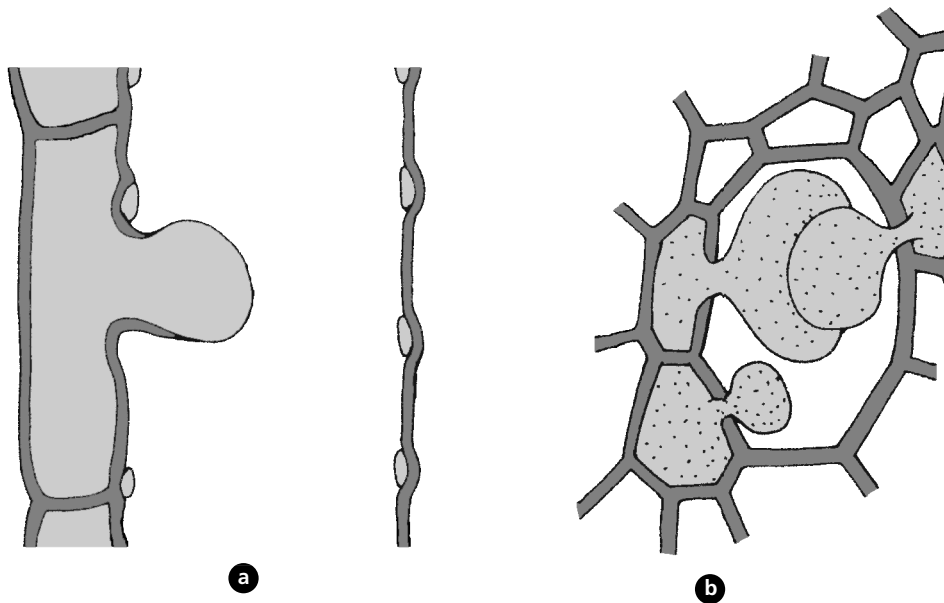


Figura 9.11: Representação esquemática da formação de tilos. Note o crescimento das células parenquimáticas em direção à luz do elemento de vaso. (a) em seção longitudinal. (b) seção transversal (adaptado do livro *Anatomia Vegetal*, Fahn, A. 1974).

Nas Gimnospermas ocorre o tamponamento dos elementos inativos pela aspiração do toro que bloqueia a abertura da pontuação – pontuação aspirada (Figura 9.4).

LENHO DE REAÇÃO

Produz o chamado lenho de reação, a madeira – xilema secundário – que se desenvolve em galhos e troncos inclinados, como aqueles que crescem em encostas ou em terrenos instáveis ou, ainda, que se encontram sujeitos a grandes esforços para sustentação, por exemplo, de copas muito frondosas ou de numerosos frutos.

Nas Gimnospermas, o lenho de reação desenvolve-se na região inferior à inclinação, na porção sujeita à compressão e denomina-se **lenho de compressão**. Já nas Angiospermas, o seu desenvolvimento dá-se na região superior, na porção sujeita à tração, e é denominado **lenho de tração**.

No lenho de compressão, as traqueídes apresentam inúmeros espaços intercelulares; suas paredes são mais espessas e possuem teor de lignina mais elevado que os das paredes de traqueídes típicos. No lenho de tração, observa-se a presença de fibras libriformes ou fibrotraqueídes gelatinosos que possuem paredes com alto teor de celulose e menor teor de lignina do que as células de sustentação de um lenho comum.

RESUMO

O xilema é o tecido vegetal responsável pelo transporte de água. Trata-se de um tecido complexo e está dividido em xilema primário e secundário. O primário tem origem no procâmbio, enquanto o xilema secundário tem a partir do câmbio vascular. O xilema é constituído por: traqueídes (Gimnospermas), elementos de vaso (Angiospermas), fibras e células parenquimáticas. O xilema secundário distingue-se do primário por estar organizado em sistema axial e radial.

EXERCÍCIOS

1. Diferencie protoxilema e metaxilema.
2. Qual a importância funcional dos espessamentos parietais secundários das paredes celulares dos elementos condutores do xilema? Que tipo(s) pode(m) ocorrer num vegetal?
3. Diferencie os elementos traqueais quanto aos aspectos morfológicos.
4. Justifique a seguinte afirmativa: o xilema secundário descreve os períodos favoráveis e desfavoráveis ao crescimento da planta lenhosa.

INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, estudaremos o segundo tecido que compõe o sistema condutor, o floema.

Sistema vascular – floema

AULA

10

objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Descrever a organização estrutural do floema.
- Distinguir as diferenças entre o floema primário e o secundário.
- Identificar semelhanças e diferenças entre os tecidos condutores – xilema e floema.

Pré-requisitos

Ter compreendido a estrutura da célula vegetal (Aula 5) e ter pleno conhecimento da organização dos meristemas primários e secundários (Aula 6), bem como dos sistemas fundamental (Aula 8) e vascular – xilema (Aula 9).

FLOEMA

Nesta Aula, vamos descrever a organização estrutural do **floema** que, junto ao **xilema**, forma um sistema único de transporte, que percorre a planta inteiramente. Lembre-se de que o floema é o tecido condutor dos produtos elaborados a partir da fotossíntese e que o xilema constitui o tecido condutor de água e sais minerais.

Tal como no xilema, o floema, sob o aspecto do desenvolvimento, é diferenciado em tecido vascular primário e secundário. Sendo assim, o **floema primário** se diferencia durante a formação do corpo primário da planta, a partir do procâmbio e o **floema secundário**, a partir do câmbio, contribuindo para o crescimento secundário e, portanto, para a formação do corpo secundário do vegetal.

Nas plantas vasculares, o floema é o principal tecido de condução de materiais orgânicos e inorgânicos em solução. Água, carboidratos, principalmente na forma de sacarose, substâncias nitrogenadas como, aminoácidos, lipídios, ácidos nucléicos, hormônios e vitaminas são exemplos de substâncias transportadas pelo floema.

De forma análoga ao xilema, o floema é um tecido complexo, constituído por diferentes tipos celulares, aos quais são atribuídas diversas funções, como veremos a seguir.

ELEMENTOS CRIVADOS

Os elementos crivados constituem as células condutoras do floema; ou seja, aquelas especializadas para o transporte a longa distância. Existem dois tipos de elementos crivados: as **células crivadas** (Figura 10.1.a) e os **elementos de tubo crivado** (Figura 10.1.b).

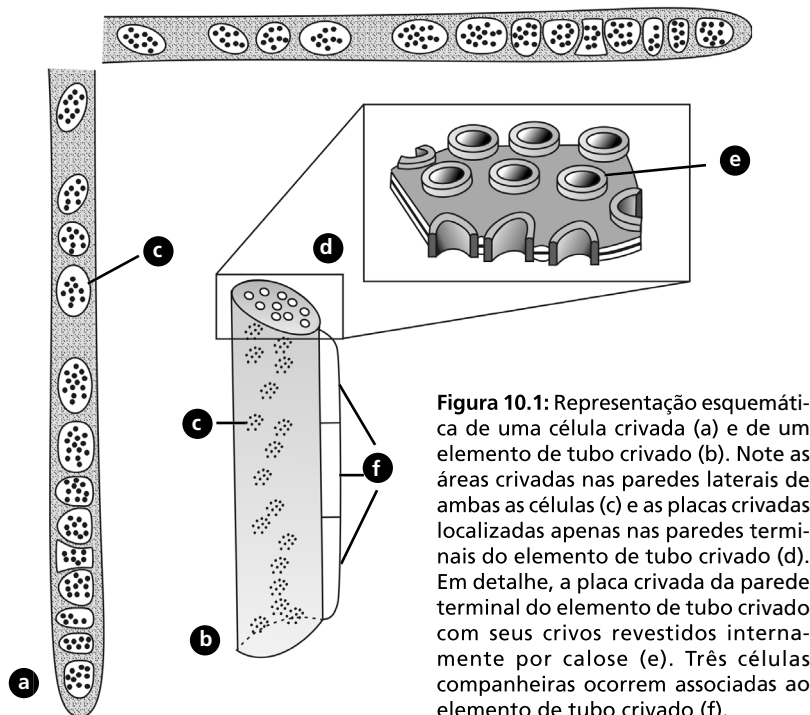


Figura 10.1: Representação esquemática de uma célula crivada (a) e de um elemento de tubo crivado (b). Note as áreas crivadas nas paredes laterais de ambas as células (c) e as placas crivadas localizadas apenas nas paredes terminais do elemento de tubo crivado (d). Em detalhe, a placa crivada da parede terminal do elemento de tubo crivado com seus crivos revestidos internamente por calose (e). Três células companheiras ocorrem associadas ao elemento de tubo crivado (f).

A diferença principal entre os dois tipos de elementos é que as células crivadas apresentam apenas áreas crivadas em suas paredes, enquanto os elementos de tubo crivado, além dessas áreas, são dotados também de placas crivadas em suas paredes terminais (Figura 10.1.a e b).

As **áreas crivadas** (Figura 10.1.a e b) compreendem sítios com inúmeras discontinuidades da parede celular – poros ou crivos. Tais discontinuidades permitem a comunicação entre os protoplastos de duas células contíguas, seja no sentido longitudinal ou lateral. Os **crivos** podem ser interpretados como pontoações primárias modificadas, que aparecem em forma de depressões na parede celular. São atravessados por **filamentos de conexão** que diferem dos plasmodesmas, por serem muito mais espessos.

As **placas crivadas** são áreas crivadas especializadas que se localizam nas paredes terminais dos elementos de tubo crivado (Figuras 10.1.b e 10.2. a e b). O diâmetro dos poros dessas placas é maior que o das áreas crivadas e variam entre 1 e 15 μm . Os filamentos de conexão que atravessam tais poros também apresentam maior calibre. Uma placa pode conter apenas uma área crivada – placa crivada simples (Figura 10.2.a) – ou várias, nas paredes terminais – placa crivada composta (Figura 10.2.b).

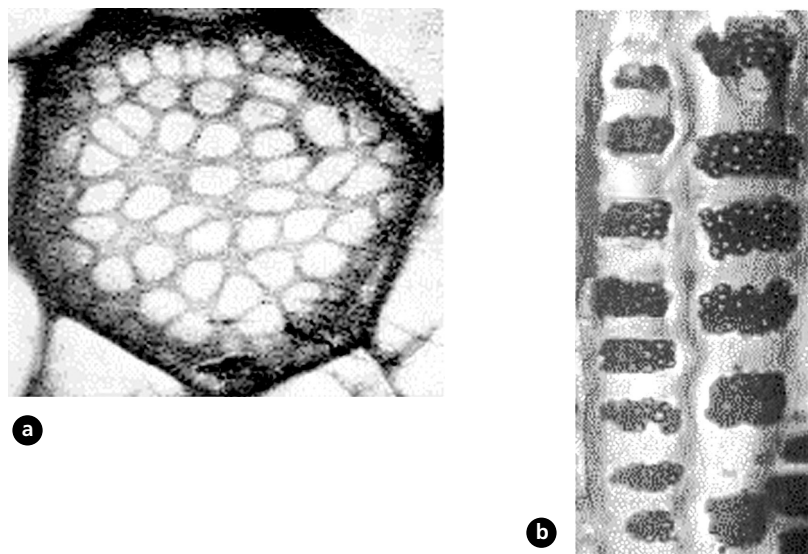


Figura 10.2: Detalhe de uma placa crivada do tipo simples, em *Curcubita* sp. (abóboreira) (a); e de uma placa crivada composta escalariforme, em *Tilia americana* (Tília) (b). Adaptado do livro *Anatomia Vegetal*, Fahn, A. 1974.

As células crivadas são típicas das Gimnospermas; ocorrem também entre as famílias primitivas das Angiospermas. São consideradas menos derivadas que os elementos de tubo crivado. Trata-se de células muito longas, com paredes terminais oblíquas e que apresentam áreas crivadas ao longo de toda a parede (**Figura 10.1.a**). Posicionam-se em fileiras longitudinais, justapondo-se pelas extremidades.

Os elementos de tubo crivado são característicos das Angiospermas e das ordens mais evoluídas das Gimnospermas. São células mais curtas, que se caracterizam por apresentar placas crivadas nas paredes terminais e áreas crivadas nas paredes laterais (**Figura 10.1.b**). Também ocorrem em fileiras longitudinais e se unem entre si através das placas, formando os tubos crivados.

Ambas são células alongadas e com protoplasto vivo durante a atividade de condução. As paredes, quando em seções de material fresco e observadas ao microscópio óptico, mostram um brilho aperolado recebendo a denominação de paredes nacaradas. Sua composição é basicamente de celulose e compostos pécnicos. Os protoplastos dos elementos crivados, quando jovens, possuem todos os componentes celulares característicos das células vegetais: membrana plasmática, núcleo, citoplasma, um ou mais vacúolos, retículo endoplasmático, ribossomos, plastídios, mitocôndrias, complexo de Golgi e citoesqueleto.

Durante sua diferenciação, essas células sofrem a degeneração das membranas que envolvem o núcleo e de algumas organelas como o vacúolo (Figura 10.3), o que constitui uma das características mais significativas dos elementos crivados. O resultado é uma mistura líquida, denominada **mitoplasma**, que ocupa a porção central da célula e que é contínua entre células adjacentes por meio dos filamentos de conexão das áreas e placas crivadas. Na maturidade, um elemento crivado retém a membrana plasmática, o retículo endoplasmático, as mitocôndrias e alguns plastídios, como amiloplastos e proteinoplastos. Essas organelas ficam situadas no delgado citoplasma periférico e residual que forma um filme contra a parede celular.

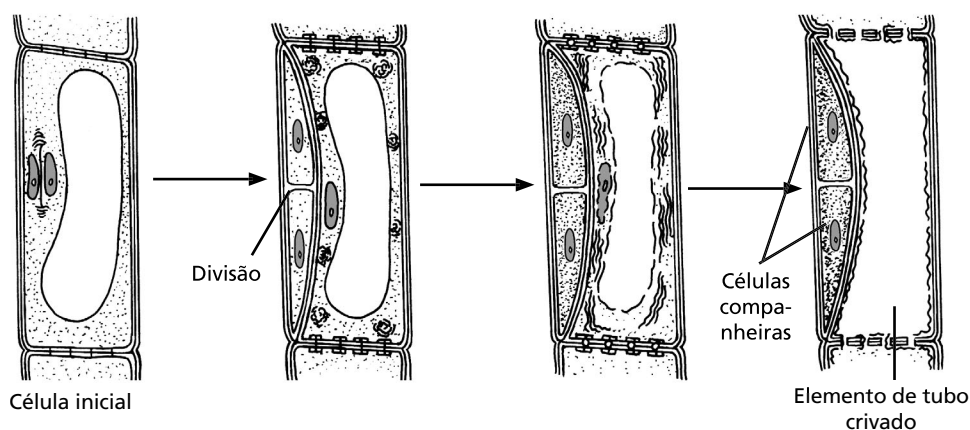


Figura 10.3: Principais etapas do desenvolvimento de um elemento de tubo crivado.

O elemento de tubo crivado completamente diferenciado, com raras exceções, apresenta uma proteína característica, denominada **Proteína P**. Essa proteína foi encontrada em todas as Dicotiledôneas e na maioria das Monocotiledôneas estudadas, estando ausente nas Gimnospermas e nas Criptógamas vasculares. Os corpúsculos de proteína P já estão presentes nos elementos de tubo crivado imaturos; durante sua diferenciação, esses elementos são rompidos e ela é então espalhada pela fina camada de citoplasma periférico (Figura 10.3).

Nos elementos de tubo crivado funcionais, é comum a ocorrência de **calose**, um polissacarídeo (β - 1,3 glicose) que se deposita em torno dos filamentos de conexão (Figura 10.4). Em resposta a danos sofridos ou mesmo ao final da fase ativa de condução de um elemento crivado, esse polissacarídeo pode se depositar em tão altas concentrações, que acaba por acarretar a obstrução completa dos poros das áreas e das placas crivadas, formando um “calo” (Figura 10.4) e prevenindo

a perda de assimilados. De maneira geral, os elementos de tubo crivado são funcionais durante uma única estação de crescimento. Todavia, em algumas espécies, essas células podem permanecer vivas durante mais de uma fase de crescimento. Quando isso ocorre, a calose é depositada no final da estação de crescimento e removida no início da nova estação.

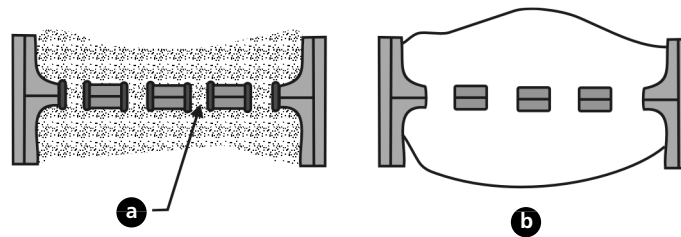


Figura 10.4: Representação esquemática da deposição de calose em uma placa crivada (a) crivo atravessado por filamento de conexão (b) calo formado sobre a placa crivada. Adaptado do livro *Anatomia das Plantas com sementes*, Esaú, K.

PARÊNQUIMA

No floema, além das células parenquimáticas comuns que podem armazenar diferentes tipos de substâncias, como amido, taninos e cristais, ocorrem tipos especializados de células parenquimáticas. Elas desempenham funções especiais, conforme serão descritas a seguir.

CÉLULAS COMPANHEIRAS

Dentre as células do floema, as células companheiras destacam-se por sua intrínseca relação com os elementos de tubo crivado (**Figura 10.1.b**). Esses dois tipos de células se originam da mesma célula inicial, seja ela procambial ou cambial, estando, conseqüentemente, relacionados ontogeneticamente (**Figura 10.3**). A interação fisiológica entre essas duas células pode ser medida pelas inúmeras pontoações que as mantêm em comunicação e pelo fato de as células companheiras manterem-se vivas durante todo o período funcional do elemento de tubo crivado ao qual estão relacionadas, implicando na morte simultânea de ambas.

As células companheiras apresentam citoplasma denso, com inúmeras organelas e núcleo proeminente. Acredita-se que elas possuem importante papel na distribuição dos assimilados no elemento de tubo crivado e que comandam as atividades metabólicas desse mesmo elemento, mediante a transferência de moléculas, por meio das pontoações, como, por exemplo, o ATP.

CÉLULAS ALBUMINOSAS

Nas Gimnospermas, não ocorrem células companheiras como foi visto anteriormente. Todavia, evidenciam-se células parenquimáticas ligadas às células crivadas que se destacam das demais, por apresentarem inúmeras pontoações nas paredes voltadas para a célula crivada. São denominadas albuminosas ou de Strasburger e não possuem relação ontogenética com a célula crivada; ou seja, elas possuem células iniciais diferentes. Elas também apresentam citoplasma denso e núcleo proeminente, além de uma interdependência fisiológica com as células crivadas, tendo a morte de uma implicação direta com a da outra.

CÉLULAS DE TRANSFERÊNCIA

Nas folhas, junto às nervuras de menor calibre, onde se dá o carregamento do floema com os açúcares sintetizados no mesofilo, ocorrem células parenquimáticas que possuem protuberâncias internas de suas paredes em direção ao citoplasma. Essas células também apresentam citoplasma denso e núcleo proeminente, indicando serem sítios de intensa atividade metabólica. Entre as funções atribuídas a elas, incluem-se:

- receber e transferir os carboidratos para os elementos de tubo crivado;
- recuperar e reciclar os solutos a partir do apoplasto;
- incrementar as trocas apoplasto-simplasto via membrana plasmática.

As células de transferência ocorrem com grande frequência no parênquima associado ao sistema vascular, principalmente junto ao floema. Essas células são também muito comuns próximas a nectários e glândulas salinas.

FIBRAS E ESCLEREÍDES

Tal qual no xilema, as fibras do floema se dividem em libriformes e fibrotraqueídes, que podem ser septados ou não, ou ainda, gelatinosos. Os esclereídes são também freqüentemente observados no floema e podem estar associados às fibras ou ocorrerem isolados. Geralmente, são encontrados nas partes mais velhas do floema e resultam do crescimento intrusivo e da esclerificação de células do parênquima.

CLASSIFICAÇÃO DO FLOEMA QUANTO À ORIGEM

Como já sabemos, os tecidos vasculares originam-se por diferenciação do procâmbio no corpo primário da planta. O floema que se forma do procâmbio é o primário. Quando ocorre crescimento secundário, ele se forma a partir do câmbio e é denominado floema secundário.

FLOEMA PRIMÁRIO

O floema primário também está dividido em **protofloema** e **metafloema**. O protofloema amadurece muito cedo no órgão vegetal, antes mesmo de a fase de alongamento ter se completado. O metafloema, ao contrário, só amadurece após o final da fase de alongamento e permanece ativo para o transporte durante toda a vida da planta, quando ela já não apresenta crescimento secundário.

Ao contrário da diferenciação do xilema primário, no floema não ocorre distinção na direção da maturação dos elementos crivados, seja na raiz ou no caule. A maturação é sempre centrípeta, ou seja, ocorre em direção ao centro e, conseqüentemente, o protofloema é denominado exarco, que ocorre mais próximo à periferia ou à borda do órgão vegetal.

Embora os elementos de tubo crivado dessas duas categorias sejam fundamentalmente idênticos, no metafloema, eles são algo maiores e mais largos que no protofloema e as células companheiras estão sempre presentes, ao contrário do que ocorre no protofloema, em que elas podem faltar. Os elementos crivados do protofloema possuem vida muito curta e, em geral, são funcionais por apenas um dia (Sajo & Castro, 2003). Já em plantas que não apresentam crescimento secundário, os elementos crivados do metafloema constituem a única porção condutora do floema.

FLOEMA SECUNDÁRIO

Assim como no xilema secundário, observamos no floema secundário a formação do **sistema axial** e do **sistema radial** (Tabela 10.1).

Tabela 10.1: Tipos celulares do floema secundário.

Sistemas	Origem a partir do câmbio vascular	Tipos celulares
Axial	células iniciais fusiformes	células crivadas (Gimnospermas) elementos de tubo crivado (Angiospermas) fibras libriformes fibrotraqueídes esclereídes parênquima axial células companheiras (Angiospermas) células albuminosas (Gimnospermas) estruturas secretoras
Radial	células iniciais radiais	parênquima radial células albuminosas (Gimnospermas) esclereídes estruturas secretoras

As células que integram o sistema axial apresentam seu maior eixo orientado no sentido vertical. As do sistema radial o apresentam no sentido horizontal.

Conforme ocorre com o xilema secundário, para observação desses tipos celulares e de seus diferentes arranjos, é necessário seccionar o floema secundário em três planos diferentes: **transversal**, **longitudinal radial** e **longitudinal tangencial**. Na seção transversal, que é perpendicular ao eixo da árvore, observa-se o menor diâmetro das células do sistema axial e todo o comprimento dos raios. A seção longitudinal radial é paralela aos raios e perpendicular aos anéis de crescimento e propicia a observação do comprimento das células do sistema axial e a composição celular dos raios. Já a seção tangencial, perpendicular aos raios, permite a visualização do comprimento das células do sistema axial e da altura e largura dos raios.

FLOEMA COLAPSADO

Porção mais periférica e não condutora do floema secundário.

As esclereídes no floema secundário das Dicotiledôneas são divididas em primárias e secundárias. As primárias se diferenciam, simultaneamente com as demais células do floema condutor. As esclereídes secundárias surgem apenas nas regiões antigas do floema – FLOEMA COLAPSADO – em que já não ocorre o transporte de assimilados. As esclereídes secundárias podem se originar por esclerificação das células do parênquima axial ou do parênquima radial.

FLOEMA SECUNDÁRIO EM GIMNOSPERMA E ANGIOSPERMA

Assim como no xilema secundário, nas Gimnospermas, o floema secundário apresenta uma estrutura mais simples. O sistema axial é normalmente constituído por inúmeras células crivadas e por células albuminosas associadas e poucas fibras e esclereídes. O sistema radial contém células parenquimáticas e albuminosas que formam longos raios unisseriados. Já nas Angiospermas – Dicotiledôneas – o floema secundário é mais complexo; o sistema axial é representado pelos elementos de tubo crivado e por suas células companheiras associadas, além das células parenquimáticas, das inúmeras fibras e das esclereídes. O sistema radial está constituído principalmente por células parenquimáticas que formam raios uni ou multisseriados, longos ou curtos, podendo ocorrer esclereídes ao longo de seu percurso.

RESUMO

O floema é o tecido condutor dos produtos elaborados a partir da fotossíntese e o xilema constitui o tecido condutor de água e sais minerais. O floema é um tecido complexo e está dividido em primário e secundário. O primário tem origem no procâmbio, e o secundário, a partir do câmbio. O floema é constituído por: células crivadas e células albuminosas (Gimnospermas), elementos de tubo crivado e células companheiras (Angiospermas), células de transferência, fibras, esclereídes e células parenquimáticas. O floema secundário distingue-se do floema primário por estar organizado em sistema axial e radial.

EXERCÍCIOS

1. Diferencie os elementos crivados quanto aos aspectos morfológicos.
2. Faça distinção entre áreas crivadas e placas crivadas.
3. Diga o que você entende por calose.
4. Diferencie célula companheira e célula albuminosa.

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

A próxima aula lhe permitirá a observação prática de todos os tecidos vegetais estudados até o momento. Você seguirá um protocolo de práticas que poderá ser utilizado posteriormente junto aos alunos do Ensino Médio.

(Prática) – Células e tecidos vegetais

AULA

11

objetivos

Ao longo desta aula prática, o aluno terá a oportunidade de aprender como se reconhecem os tecidos vegetais e suas funções em diversos órgãos da planta. Ao final, ele deverá estar apto a:

- Identificar os componentes de uma célula vegetal.
- Conhecer a origem dos tecidos vegetais através do reconhecimento dos meristemas da planta.
- Observar e caracterizar os vários tecidos vegetais em sistemas: o de revestimento, o fundamental e o vascular.

INTRODUÇÃO

Nas aulas anteriores (Aulas 5-10) aprendemos a caracterizar os vários tecidos das plantas. Observamos detalhes da morfologia interna dos vários órgãos vegetativos e reprodutivos, estruturas adaptativas de cada órgão e características específicas de cada tecido. Nesta aula serão observados e analisados os tipos de tecidos encontrados e as funções relacionadas.

PRÁTICA 1: A CÉLULA VEGETAL

Considerações

A organização básica da célula vegetal obedece aos mesmos padrões da célula animal. No entanto, a célula vegetal apresenta características exclusivas, que a distinguem da célula animal. Essas características demonstram a existência de uma parede celular, a presença de plastídeos em seu citoplasma e a formação de um grande vacúolo. Para maiores detalhes e para um melhor acompanhamento dessa prática, o aluno deverá revisar a Aula 5.

Procedimentos:

- a) Observação de cloroplastos em folhas da peste aquática, *Elodea sp.* (Hydrocharitaceae).
 - Preparar uma lâmina com uma gota de água e sobre ela uma folha jovem de *Elodea sp.*
 - Observar e esquematizar algumas células sob a luz de um microscópio óptico.
 - Procurar observar organelas em movimentos. Explicar.
- b) Examinar atentamente os componentes celulares em tricomas da antera de trapoeraba, *Setcreasea sp.* (Commelinaceae).
 - Destacar uma antera da flor de trapoeraba e colocar sobre uma gota de água sobre a lâmina e cobri-la com uma lamínula.
 - Observar e esquematizar os tricomas unisseriados encontrados na antera sob a luz de um microscópio óptico.

- Observar e desenhar uma célula do tricoma, identificando a parede celular, o núcleo, citoplasma e as trabéculas.
 - Identificar o movimento de ciclose (movimento do citoplasma dentro da célula) encontrado no material.
- c) Observação de amido em células de batata-inglesa (*Solanaceae*).
- Fazer cortes transversais bem finos no tubérculo da batata, com o auxílio de uma lâmina de barbear.
 - Com o auxílio de um pincel, colocar os cortes bem finos entre a lâmina e a lamínula sobre uma gota de água.
 - Observar o parênquima de reserva ao microscópio óptico e esquematizá-lo.
 - Com objetiva de 10x, focalizar um campo com células parenquimáticas. Centralizar uma delas. Passar para objetiva de 40x e identificar os grãos de amido.

PRÁTICA 2: MERISTEMAS

Considerações

As células meristemáticas possuem parede celular delgada constituída somente pela parede celular primária. Os vacúolos, quando presentes, são pouco numerosos e pequenos. O núcleo volumoso geralmente ocupa posição central no citoplasma abundante. O tecido meristemático tem por característica não apresentar espaços intercelulares. Os meristemas primários são formados por células indiferenciadas, originadas a partir da multiplicação de células embrionárias. São responsáveis pelo alongamento do corpo vegetal. Os meristemas secundários são tecidos meristemáticos resultantes de células já diferenciadas, integrantes de tecidos adultos. São responsáveis pelo crescimento em espessura do corpo vegetal. Para maiores detalhes e para um melhor acompanhamento dessa prática, revisar a Aula 6.

Procedimentos:

- a) Observação da ponta da raiz de cebola, *Allium cepa* (Liliaceae) – Lâmina permanente.
- Identificar e esquematizar a coifa e as regiões meristemáticas e de alongamento sob a luz de um microscópio óptico.
 - Observar e desenhar, identificando a protoderme, o procâmbio e o meristema fundamental.
 - Com objetiva de 10x, focalizar um campo com células em divisão. Centralizar uma delas. Passar para a objetiva de 40x e identificar as fases de mitose.
- b) Observação do ápice caulinar de *Coleus sp.* – Lâmina permanente.
- Observe e esquematize o ápice caulinar e os primórdios foliares.
 - Localize a protoderme, o procâmbio e o meristema fundamental.
 - Compare o meristema caulinar com o radicular.

PRÁTICA 3: SISTEMA DE REVESTIMENTO

Considerações

O sistema de revestimento do vegetal representa o limite entre o ambiente e o ser vivo. As principais funções desempenhadas por suas células são a interrupção do movimento apoplástico, a proteção ao ataque de patógenos e contra a intensa radiação. Para tanto, além das estruturas encontradas nas paredes periclinais externas da epiderma, como os tricomas, estômatos, entre outros, estas paredes têm características próprias. Para maiores detalhes e para um melhor acompanhamento dessa prática, revisar a Aula 7.

Procedimentos:

- a) Observação da superfície de epidermes de folhas.
 - Coletar várias folhas completamente expandidas (do terceiro ou quarto nó).
 - Com um pincel, passar esmalte de unhas transparente sobre a superfície das mesmas, formando uma película e esperar secar.
 - Com uma pinça de ponta fina, retirar a película de esmalte.
 - Colocar sobre lâmina e lamínula, com uma gota de água, sem formar bolhas.
 - Observar e esquematizar a superfície das células epidérmicas, estômatos e tricomas.

PRÁTICA 4: SISTEMA FUNDAMENTAL**Considerações**

Continuando o estudo da diversidade de tecidos presentes nas plantas, essa prática apresenta os diferentes tecidos encontrados no sistema fundamental. Esse sistema é composto principalmente por três tecidos: parênquima, colênquima e esclerênquima, que podem ser diferenciados basicamente pela estrutura de sua parede celular. Para maiores detalhes e para um melhor acompanhamento dessa prática, revisar a Aula 8.

Procedimentos:

- a) Observação de diferentes tipos de parênquimas.
 - Coletar uma folha de Babosa, *Aloe vera* (Aloaceae); um pecíolo de *Coleus sp.* (Lamiaceae); uma folha aciculada de *Pinus sp.* (Coniferae) e uma folha de *Pilea sp.* (Urticaceae).

- Fazer cortes pequenos nas lâminas foliares e no pecíolo. Para facilitar os cortes na lâmina foliar devido a sua pequena espessura, colocá-los em um suporte que poderá ser feito com isopor (colocar os cortes entre dois pedaços de isopor).
 - Fazer cortes transversais nas lâminas foliares e no pecíolo com o auxílio de lâmina de barbear.
 - Com um pincel, colocar esses cortes bem finos entre lâmina e lamínula sobre uma gota de água.
 - Observar ao microscópio óptico.
 - Em folha de babosa, identificar e desenhar o parênquima aquífero.
 - Em pecíolo de *Coleus*, identificar e esquematizar o parênquima fundamental, cortical e medular.
 - Em folha de *Pinus sp.*, identificar e desenhar o parênquima plicado (esse parênquima tem como característica invaginações da parede celular para o interior da célula).
 - Em folha de *Pilea sp.*, identificar e esquematizar o parênquima paliádico e o lacunoso.
- b) Observação de colênquima em caule de *Coleus sp.* (Lamiaceae)
- Coletar um pedaço de caule de *Coleus sp.*
 - Fazer um corte pequeno nesse caule e colocar entre dois pedaços de isopor.
 - Fazer cortes transversais com o auxílio de lâmina de barbear.
 - Com um pincel, colocar os cortes bem finos entre lâmina e lamínula sobre uma gota de água.
 - No microscópio óptico, observar e esquematizar o colênquima angular na periferia do córtex.
- c) Observação de células pétreas na polpa do fruto de pêra, *Pyrus sp.* (Rosaceae).

- Raspar a polpa de uma pêra com o auxílio de uma faca ou de uma lâmina de barbear.
- Colocar a raspa entre a lâmina e a lamínula sobre uma gota de água.
- No microscópio óptico, identificar e esquematizar as células pétreas e suas pontoações.

PRÁTICA 5: SISTEMA VASCULAR

Considerações

Nessa prática identificaremos o sistema vascular, também denominado sistema condutor. O sistema vascular é constituído por dois tipos básicos de tecidos condutores: o xilema – tecido condutor de água e sais minerais; e o floema – tecido condutor dos produtos elaborados a partir da fotossíntese. Esse sistema percorre a planta inteira apresentando vários tipos celulares com características para o transporte à longa e à curta distância. Para maiores detalhes e para um melhor acompanhamento dessa prática, revisar as Aulas 9 e 10.

Procedimentos:

- a) Observação do sistema vascular no caule de abóbora, *Curcubita sp.* (Cucurbitaceae).
- Coletar um pedaço de caule de abóbora.
 - Fazer nele um corte pequeno e colocar entre dois pedaços de isopor.
 - Fazer cortes transversais e longitudinais com o auxílio de lâmina de barbear.
 - Com o auxílio de um pincel, colocar os cortes bem finos entre a lâmina e a lamínula sobre uma gota de água.
 - No microscópio óptico, observar e esquematizar o floema e o xilema entre o córtex e a medula.
 - Observar placas crivadas presentes nos elementos de tubo crivado, facilmente encontrados nessa espécie.

A vida aquática: adaptações morfológicas e fisiológicas dos organismos aquáticos fotossintetizantes

AULA 12

objetivos

No decorrer desta aula, vamos estudar os organismos fotossintetizantes, desde unicelulares até pluricelulares. No final, você deverá estar apto a reconhecer:

- Os organismos fitoplanctônicos e suas adaptações morfológicas e fisiológicas.
- Os organismos fitobentônicos e suas adaptações morfológicas e fisiológicas.

Pré-requisitos

Botânica I, Módulo 1 e Elementos de Ecologia e Conservação.

INTRODUÇÃO

O vocábulo **AUTO-TRÓFICO** é composto de dois elementos gregos: *auto*, do prefixo *autós* – ê, ô, que significa **mesmo, próprio**, e do radical trofia, também do grupo *trophê, ês* que indica ação de alimentar, alimento, nutrição, nutriente.

Os organismos mais bem-sucedidos foram aqueles que desenvolveram um sistema capaz de usar diretamente a luz solar, propiciando o processo da fotossíntese. Esses organismos são denominados **AUTOTRÓFICOS**, ou seja, os que geram alimento. Esse fato só ocorre com os seres que possuem clorofila A. Nesse contexto, incluiremos três reinos: Monera (em parte), Protista e Plantae. Portanto, nas aulas subseqüentes vamos sempre nos referir a esses organismos com clorofila A.

REINO PROTISTA = ALGAS

Você lembra que os organismos fotossintetizantes são divididos em unicelulares e multicelulares? Agora, vamos classificá-los quanto à forma de vida. Assim, chamam-se **planctônicos** os organismos que vivem em suspensão na massa d'água – o plâncton; e chamam-se **bentônicos** aqueles que vivem em estrita relação com o substrato, ou seja, os bentônicos que vivem presos ao substrato consolidado ou ao inconsolidado (**Figura 12.1**).

Assim, os organismos que realizam a fotossíntese e que vivem na massa d'água são chamados de **FITOPLÂNCTON**; e aqueles que têm funções fotossintéticas e que se encontram fixos no substrato são caracterizados como **FITOBENTOS**.

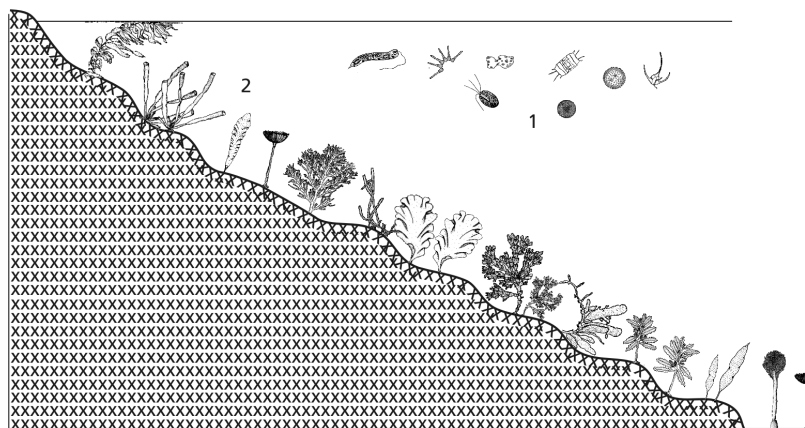


Figura 12.1: Distribuição dos organismos fotossintetizantes no mar. 1 = fitoplâncton; 2 = fitobentos; NM = nível do mar.

ADAPTAÇÕES MORFOLÓGICAS E FISIOLÓGICAS DOS ORGANISMOS FOTOSSINTETIZANTES AQUÁTICOS

Num costão rochoso, você poderá verificar que existe uma vegetação em cores variadas, desde o verde até o vermelho. Isso é, na realidade, uma alternativa de pigmentos nos diferentes sistemas de captação de energia radiante, que constitui a luz para a fotossíntese. Por outro lado, numa floresta existe somente uma nuance da cor verde, o que significa que a clorofila é sempre o pigmento predominante.

No outono, porém, quando as folhas perdem a clorofila, outros pigmentos tornam-se visíveis, como é possível observar nas folhas de amendoadeiras. O que acontece é que você utiliza seus olhos como sensores, e eles só vão perceber os pigmentos preponderantes. No caso da vegetação do costão, o pigmento predominante (clorofila, ficobilinas – ficoeritrinas vermelhas e ficocianinas azuis – e os carotenóides – marrons, alaranjados e vermelhos) varia mais do que a vegetação terrestre. De acordo com a predominância desses pigmentos, as algas são classificadas em azuis (Cianofíceas, denominadas atualmente de Cianobactérias), verdes (Clorofíceas), pardas (Feofíceas) e vermelhas (Rodofíceas). É bom lembrar que, embora haja predominância de certos pigmentos, todos esses organismos autotróficos têm como base a clorofila A, essencial para o processo fotossintético.

FITOPLÂNCTON

Como já mencionamos anteriormente, a vida aquática é caracterizada por diversos organismos microscópicos com diferentes formas muito estranhas. Você acha que tais organismos afundam na água? Como e por que eles precisam controlar sua flutuabilidade?

A manutenção desses organismos na coluna d'água, com densidade maior que a própria água, é possível graças a estratégias adaptativas quanto à forma, ao tamanho, à cor e à composição química desses microorganismos. É importante lembrar que em razão de esses organismos serem fotossintéticos, eles necessitam, para o seu desenvolvimento, permanecer na zona iluminada e absorver nutrientes.

Algumas espécies unicelulares apresentam corpos silicosos ou com carbonato de cálcio em suas paredes, ficando mais densos que a água do mar. Logo, os organismos fitoplanctônicos tendem a afundar. Para evitar que isso ocorra, eles aumentam as forças de flutuação, tornando o corpo mais leve e mantendo-se perto da superfície. Portanto, aumentar a superfície de sustentação através da alteração superfície/volume é uma das estratégias evolutivas selecionadas para intensificar a flutuabilidade.

Quais são essas estratégias?

Os fitoplanctontes variam morfológicamente (**Figura 12.2**) pelas seguintes características:

- a) tamanho;
- b) presença ou ausência de flagelos;

- c) solitários (unicelulares) ou agrupados em cadeias (multicelulares ou em colônias);
- d) presença ou ausência de expansões ou apêndices celulares;
- e) achatados ou arredondados;
- f) conteúdo no interior de suas células, como gases ou gotículas de óleo.

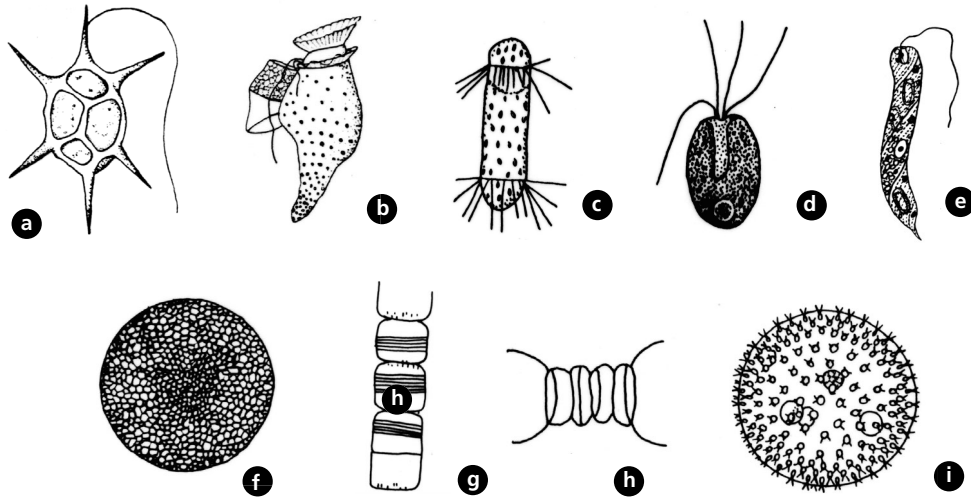


Figura 12.2: Diversidade de formas das algas fitoplanctônicas: a) *Dictyocha* (flagelado), b) *Dinophysis* (flagelado), c) *Corethron* (diatomácea), d) *Tetraselmis* (flagelado), e) *Euglena* (euglenofícea), f) *Coccinodiscus* (diatomácea), g) *Lauderia* (diatomácea em colônia), h) *Scenedesmus* (clorofícea em colônia), i) *Volvox* (clorofícea em colônia). Modificado de vários autores.

Além disso, esses organismos diferem citologicamente e fisiologicamente na manutenção de suas propriedades de flutuação.

Existe, portanto, uma diversidade morfológica dos organismos do fitoplâncton adaptados às condições de flutuação, como cerdas, apêndices e colônias que podem ser vistas na **Figura 12.3**.

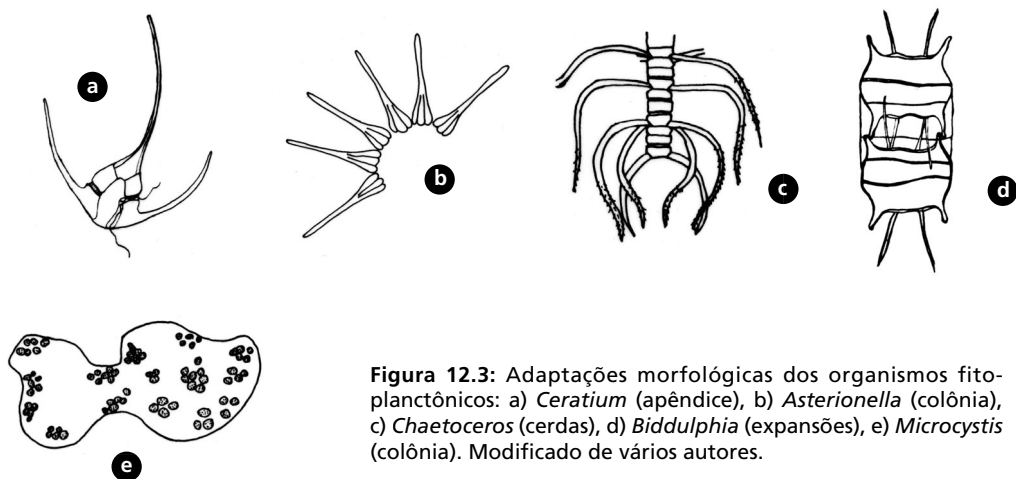


Figura 12.3: Adaptações morfológicas dos organismos fitoplanctônicos: a) *Ceratium* (apêndice), b) *Asterionella* (colônia), c) *Chaetoceros* (cerdas), d) *Biddulphia* (expansões), e) *Microcystis* (colônia). Modificado de vários autores.

Existem também características fisiológicas que são importantes na vida em suspensão. Por exemplo, nas formas marinhas de algas azuis (Cyanobacteria), como *Trichodesmium* – alga muito comum nos mares tropicais – encontram-se vacúolos de gás. Esses vacúolos são os responsáveis pela manutenção do organismo em suspensão. Outras, como as diatomáceas, caracterizam-se pela impregnação de sílica em suas paredes e têm como produto de reserva gotículas de óleo. Isso diminui a sua densidade mantendo essas diatomáceas próximas à superfície da água, ou ajustando a densidade a uma profundidade adequada, dependendo da quantidade de óleo e gases existentes nas suas células. Quanto à fisiologia desses organismos fitoplanctônicos, a luz é uma variável ambiental indispensável para o desenvolvimento. Existe uma quantidade essencial de luz para cada tipo de organismo. Essa luz quando é excessiva pode oxidar os pigmentos fotossintetizantes e prejudicar o crescimento (veja fotoinibição), como está apresentado no **Gráfico 12.1**. Portanto, cada organismo se adapta para viver dentro de uma faixa de amplitude de energia radiante específica.

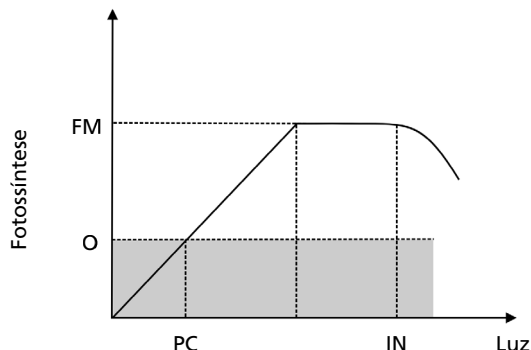


Gráfico 12.1: Ponto de compensação – PC: Fotossíntese = Respiração; FM = Fotossíntese máxima; IN = Ponto onde a luz inibe a fotossíntese.

Nos seres fitoplanctônicos flagelados, a maioria apresenta fototatismo positivo, isto é, a capacidade de se deslocar em direção à luz.

Os nutrientes constituem outra variável importante que limita o crescimento desses organismos fitoplanctônicos. Em outras palavras: os nutrientes constituem o alimento das algas. Entre eles, o nitrogênio é o primeiro componente consumido durante o crescimento do fitoplâncton. Pode estar na forma de NH_4^+ , NO_2 e NO_3 , formando compostos nitrogenados. Ele é primordial para a formação das proteínas e dos ácidos nucléicos, componentes de todas as células.

Como o nitrogênio, também o fósforo e a sílica estão disponíveis para o fitoplâncton somente em uma forma. O fósforo é disponível na forma de fosfato (PO_4^{3-}) e a sílica, na forma de silicatos ($\text{Si}(\text{OH})_4$). O fósforo é acumulado nas células para ser usado na síntese do ATP. A sílica é um componente químico depositado nas carapaças das diatomáceas. Esse componente não é estocado dentro da célula e sua absorção é acelerada no momento da divisão para a formação de nova diatomácea.

Após a apresentação dos seres fitoplanctônicos, vamos considerar os seres fitobentônicos.

FITOBENTOS

Como já vimos no início desta aula, fitobentos é um grupo de organismos que vive fixado a um substrato consolidado, ou melhor, a um substrato duro, como rocha, grão de areia, casco de navio etc., ou a um substrato não consolidado (substrato móvel), como fundo arenoloso, que esteja dentro da água, doce ou salgada.

Embora os organismos fitobentônicos, na maior parte do seu ciclo de vida, vivam presos ao substrato, em certa fase desse ciclo, principalmente na sua época de reprodução, eles liberam seus órgãos móveis e imóveis que vão constituir parte do fitoplâncton.

Os seres fitobentônicos são macroscópicos, possuem formas variadas e compõem a vegetação dos litorais rochosos marinhos, e também de lagos e rios.

Num ambiente marinho, há uma grande diversidade morfológica e fisiológica desses organismos, por exemplo:

- em forma de lâminas ou tubos;
- em forma de filamentos;
- em formas mais robustas de filamentos altamente ramificados ou formada por várias camadas de células em espessura;
- em forma de grandes organismos de textura **CORIÁCEA** bem diferenciada em tecidos;
- em forma de organismos articulados, com forte incrustação de carbonato de cálcio em suas paredes;
- em forma de crostas achatadas, crescendo muito próximas ao substrato (**Figura 12.4**).

Entende-se como forma **CORIÁCEA**, plantas com consistência de couro, embora flexíveis.

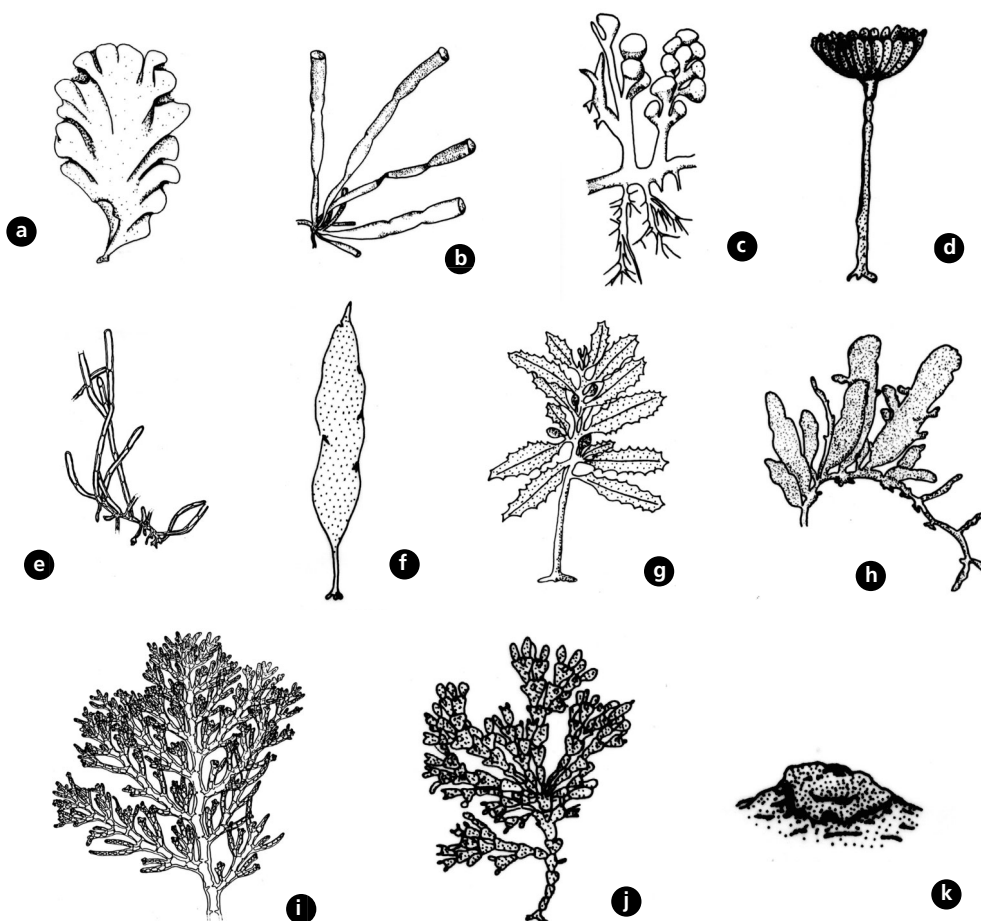


Figura 12.4: Diversidade morfológica das algas fitobentônicas: a) *Ulva* (lâmina – clorofícea), b) *Enteromorpha* (tubo – clorofícea), c) *Caulerpa* (forma de vesícula – clorofícea), d) *Acetabularia* (forma de guarda-chuva – clorofícea), e) *Cladophora* (filamentosa – clorofícea), f) *Laminaria* (lâmina – rodofícea), g) *Sargassum* (forma arbustiva – feofícea), h) *Gelidium* (lâmina – rodofícea), i) *Aglaothamnion* (filamentosa – rodofícea) j) *Arthrocardia* (segmentada – rodofícea), k) *Ralfsia* (crosta – feofícea). Modificado de vários autores.

Deve-se assinalar que adaptações a uma variável ambiental são realizadas às custas de uma outra variável ambiental. Por exemplo, uma morfologia em forma de crosta constitui uma adaptação que ocorre desfavoravelmente aos herbívoros, embora as crostas possam competir com as formas eretas diversificadas ou na forma de lâmina. Assim, o custo e benefício dessas algas estão associados em cada estratégia morfológica.

Outra estratégia fisiológica entre as espécies de formas filamentosas e laminares é a elevada taxa de crescimento. Isso significa que tais formas têm somente uma ou pouca camada de células na sua espessura; e elas estão prontas para captar luz, nutrientes minerais e o carbono inorgânico dissolvido. Esse fato traz como consequência uma alta produtividade ocupando novos espaços no ambiente.

Uma outra variável ambiental também determinante é a ação mecânica da água. Ela possui um efeito muito importante sobre o aparecimento de diferentes morfologias. Em locais de forte ação mecânica como as vagas (zona de arrebenção das ondas), encontramos organismos mais flexíveis e elásticos. Eles são melhor adaptados a essa característica do ambiente, pois apresentam um grau de rigidez tal, que não os torna suscetíveis ao rompimento pela ação da água.

Embora sem órgão especializado para sustentação, o aparecimento de flutuadores que possuem gases em seu interior constitui outra estratégia para que as formas que vivem no fundo se mantenham eretas em direção à superfície, funcionando como “bóias”, assegurando a captação de energia luminosa.

Da mesma forma que os fitoplanctones, os fitobentônicos absorvem os sais nutrientes por todo seu corpo, captando energia radiante através dos diferentes pigmentos existentes nas suas células.

RESUMO

Você viu que nesta aula enfatizamos os organismos fotossintetizantes aquáticos que podem ser constituídos por uma célula (unicelular) ou por várias células (multi ou pluricelulares), tendo como cores características a predominância do azul, verde, parda e vermelha. Esses organismos são divididos, quanto a sua forma de vida, em fitoplanctônicos (suspensos na massa de água) e os fitobentônicos (presos ao substrato). Ressaltamos também que eles são altamente diversificados quanto às próprias formas, apresentando várias estratégias adaptativas responsáveis pela sua manutenção na água. Além disso, introduzimos a noção da importância que certos fatores ambientais, como a luz, os nutrientes e outros, são essenciais para o crescimento e sobrevivência desses organismos no meio aquático.

EXERCÍCIOS

1. Você está numa praia e observa que o mar está de cor verde ou amarronzada, deixando rastros esverdeados ou amarronzados na areia. O que você imagina que está acontecendo?
2. Construa um perfil de uma praia rochosa, inserindo os organismos fitoplanctônicos e fitobentônicos.
3. Resuma as variáveis abióticas importantes que limitam o crescimento dos organismos fitoplanctônicos e fitobentônicos na água. (Para facilitar sua resposta, consulte a disciplina Elementos de Ecologia e Conservação.

Você conseguiu fazer o exercício? Parabéns!

INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na aula seguinte, iremos estudar os níveis de organização do talo das algas, tanto do fitoplâncton quanto do fitobentos.

A vida aquática: níveis de organização do talo (Morfologia, Anatomia e Fisiologia)

AULA 13

objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Conhecer a arquitetura dos talos das algas e seus diferentes níveis de organização.
- Relacionar os caminhos evolutivos dos talos através de sua diferenciação morfológica e anatômica.

Pré-requisito

Aula 12 e a disciplina Elementos de Ecologia e Conservação.

INTRODUÇÃO

ALGA é um termo “informal” que não corresponde a uma categoria taxonômica, mas a um conjunto de organismos com ampla diversidade de formas, de cores e de arquiteturas (desde unicelulares a multicelulares) que compreendem desde as algas com uma célula (menores que 1mm) até aquelas que podem atingir um comprimento acima de 60 metros.

Nesta aula vamos estudar os organismos fotossintetizantes munidos de clorofila A, pertencentes ao Reino Protista, eucariontes (incluindo alguns procariontes, como as algas azuis), denominados de algas.

Quando falamos em **ALGAS**, sempre vêm à mente esses organismos fotossintetizantes que habitam o ambiente aquático. Mas é bom lembrar que existem algas que vivem fora d'água, e que existem também outros vegetais que não são algas e que vivem no ambiente aquático.



As algas pertencem ao grupo das talófitas. Constituem-se de um talo e têm clorofila A, como seu pigmento de base na realização do processo fotossintético. Alguns talos são formados de rizóides, o que facilita a fixação ao substrato, de caulóide ou caulídeo, para sua sustentação e também de filóide ou filídeo, servindo como captador da energia solar para a realização da fotossíntese. Apesar de essas estruturas se assemelharem à raiz, ao caule e às folhas das plantas vasculares, nas algas, esses órgãos não possuem vasos condutores.



Em certas circunstâncias, uma alga unicelular se divide com grande rapidez, alcançando, em pouco tempo, elevada densidade celular. Com isso, as águas mudam de cor, provocando o fenômeno chamado **maré vermelha**. Dependendo do tipo de alga, esse fenômeno pode ser prejudicial ao meio ambiente e também ao homem. Isso acontece quando a alga produz toxinas (*Gymnodinium* e *Microcystis*) (Figura 13.1).

NÍVEIS DE ORGANIZAÇÃO DO TALO

Nas algas, cada célula desempenha todas as funções necessárias à vida. Em época de reprodução, são as próprias células vegetativas que se tornam sexuais, copulando, produzindo o zigoto, sem formar embrião dentro de uma cobertura de proteção produzida pela mãe.

Como já mencionamos anteriormente, os primeiros organismos se desenvolveram na água. Uma das causas mais importantes do progresso de organização foi a transição das algas aquáticas para os organismos fotossintetizantes de vida terrestre, exigindo grandes modificações adaptativas, como veremos mais adiante. Assim, todas as reações metabólicas se realizam no interior do protoplasma, e são ligadas a um meio líquido tanto em organismos aquáticos como em terrestres. Entretanto, algumas algas marinhas atingiram um elevado grau de diferenciação morfológica e anatômica, embora não seja ainda comparável ao das plantas terrestres.

Vamos estudar, passo a passo, a organização das algas no meio aquático, desde as estruturas mais simples às mais complicadas. E para facilitar a análise de seus padrões morfológicos, os talos das algas foram subdivididos em organismos: 1) unicelulares, 2) coloniais, 3) multicelulares e 4) cenocíticos.

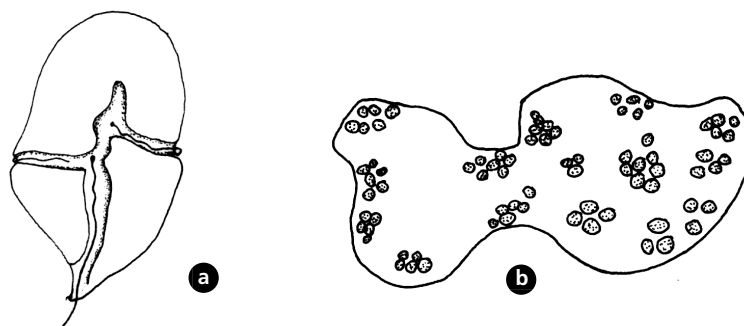


Figura 13.1: Microalgas unicelulares produtoras de toxinas: a) *Gymnodinium*, b) *Microcystis*.

Organismos unicelulares

É a organização mais simples dentro dos organismos fotossintetizantes, e sua morfologia é representada por uma célula. Embora muito simples, eles estão organizados em diversas formas (Figura 13.2). Na maioria, são aquáticos ou de solos encharcados. Algumas formas são imóveis e outras possuem flagelos; daí serem denominados, também, de fitoflagelados, por apresentarem uma certa mobilidade, não sendo capazes, contudo, de vencer o movimento da água. Numa das extremidades (região anterior) localizam-se os flagelos, o estigma (organela fotorreceptora) e o vacúolo (Figura 13.3).

Essa gama de formas diversificadas faz parte do fitoplâncton dulcícola e marinho, e é bom lembrar que algumas dessas algas apresentam ornamentações ou apêndices de tamanho variado para a sua flutuação na superfície da água, como você já viu, quando estudou as estratégias do fitoplâncton para aumentar a sua flutuabilidade.

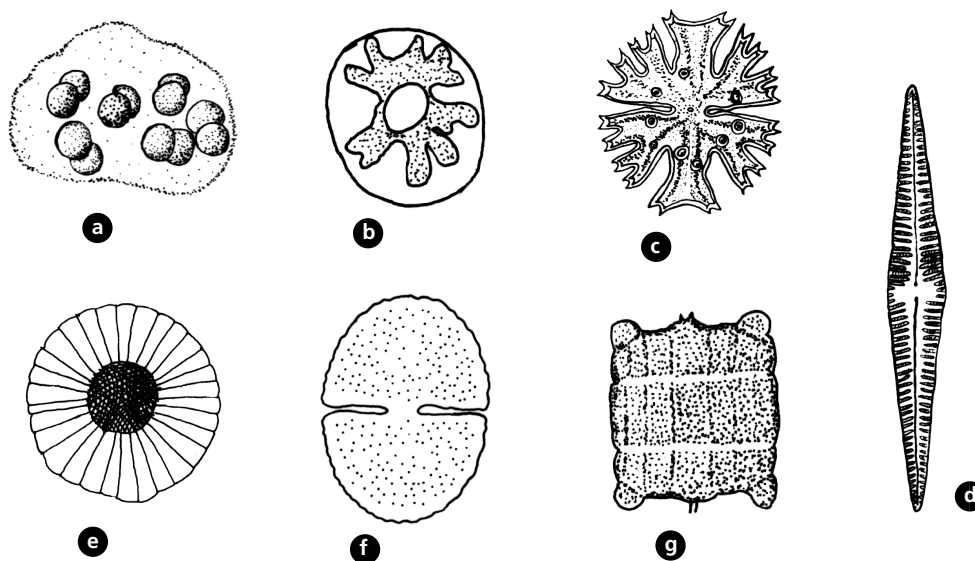


Figura 13.2: Diversidade morfológica dos organismos unicelulares: a) *Chroococcus* (células envolvidas em uma bainha mucilagínosa), b) *Porphyridium*, c) *Micrasterias*, d) *Pinnularia*, e) *Planktiniella*, f) *Cosmarium*, g) *Biddulphia*.

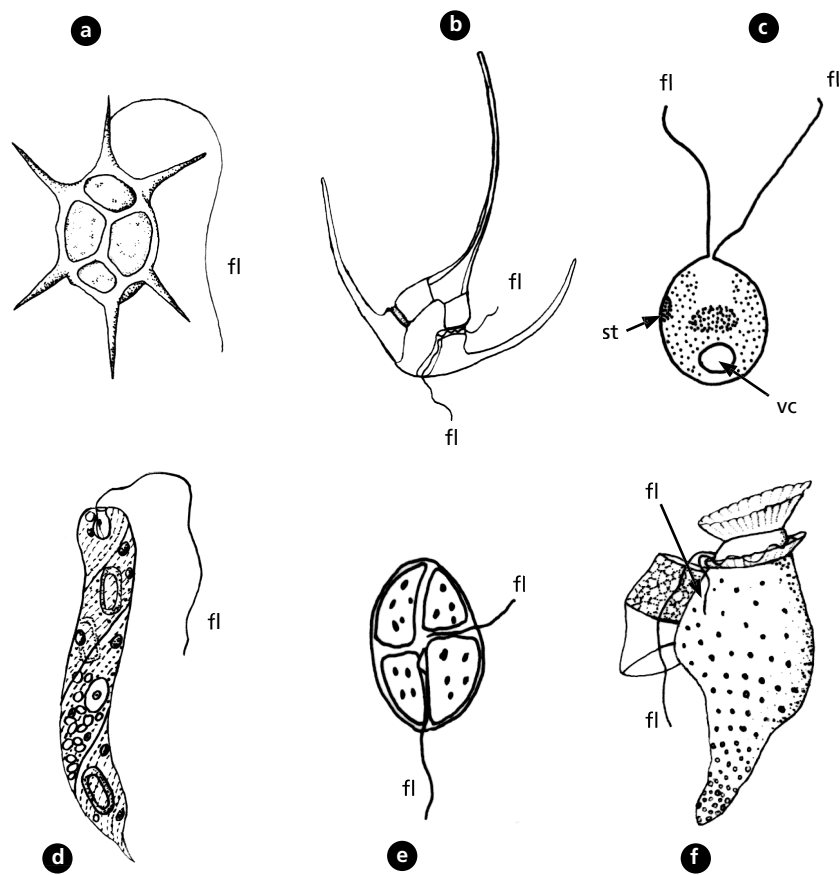


Figura 13.3: Diversidade dos organismos unicelulares flagelados: a) *Dictyocha*, b) *Ceratium*, c) *Chlamydomonas* (a seta indica o estigma), d) *Euglena*, e) *Gymnodinium*, f) *Dinophysis*. fl = flagelo; st = estigma; vc = vacúolo. Modificado de vários autores.

Organismos coloniais

O corpo em forma de colônia se origina quando as células-filhas permanecem juntas. Elas podem se manter presas pela bainha mucilaginosa para melhor flutuação (Figura 13.4).

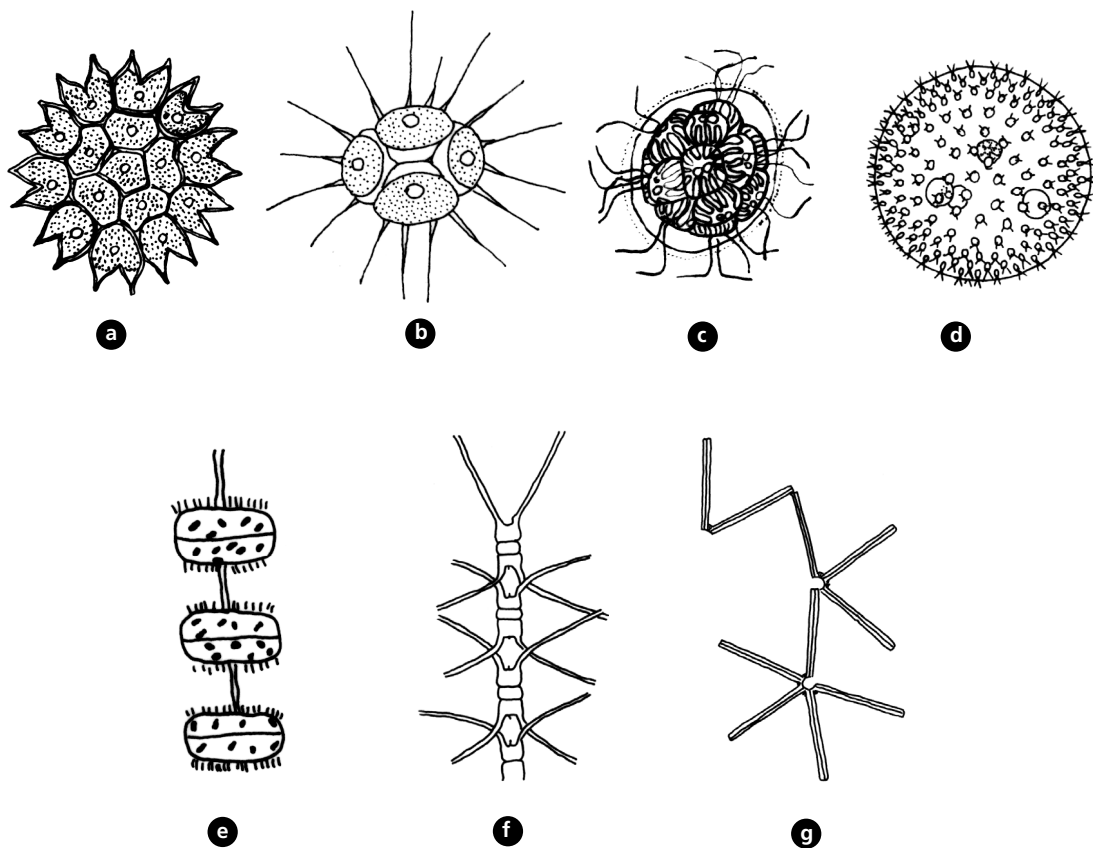


Figura 13.4: Diversidade dos organismos coloniais: a) *Pediatrum*, b) *Tetrastrum*, c) *Pandorina*, d) *Volvox*, e) *Thalassiosira*, f) *Chaetoceros*, g) *Tallassionema*. Modificado de vários autores.



As algas planctônicas ou bentônicas desempenham um papel importante como produtores primários, ou seja, quando produzem sua matéria orgânica a partir da luz, dióxido de carbono e água. Elas constituem o primeiro elo da cadeia alimentar servindo de alimento para os consumidores, como os herbívoros, que constituem o segundo elo da cadeia alimentar. Além disso, elas liberam o oxigênio, através da fotossíntese, necessário para o metabolismo de outros organismos do domínio aquático.

Organismos multicelulares

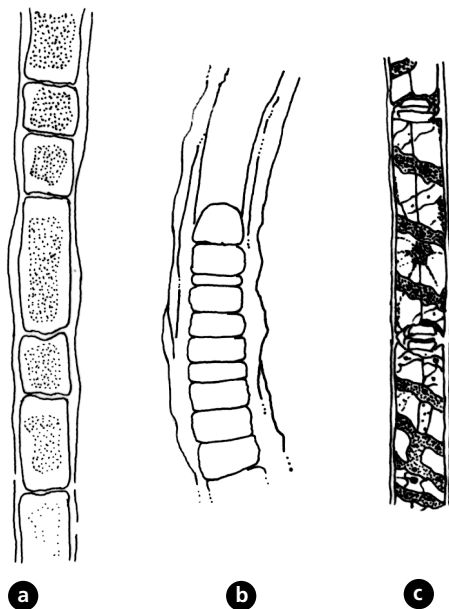
Vale a pena repetir o que foi dito anteriormente sobre esses organismos multicelulares fotossintetizantes. São todos eles eucariontes e pertencem ao Reino Protista (**Algas**) e Plantae, conforme veremos adiante.

Quando você vai a uma floresta, observe que há uma variedade de plantas verdes menores e maiores, e todas formam um caule com folhas de variados aspectos. Mas, num costão, não é isso o que você vê, pois há uma enorme variedade de formas. É isso que vamos estudar nas algas macroscópicas ou multicelulares.

Nesse grupo, as algas apresentam uma considerável variação no arranjo das células para formar o seu corpo ou talo. Incluem-se nesse rol, desde as formas filamentosas, constituídas por uma série de células, até as algas com estruturas mais complexas, além de uma variedade de formas intermediárias. É bom lembrar que talo não possui raiz, caule e tampouco folhas.

Organização filamentosa

É a forma mais simples dos organismos fotossintetizantes multicelulares.



Filamento simples

Nos filamentos, as células estão arranjadas de tal maneira, que não se diferenciam em ápice e base. Na divisão celular, a célula se divide sempre de forma perpendicular ao seu eixo longitudinal. Ela é constituída de uma parede comum entre duas células adjacentes, criando uma série de células iguais, que formam o filamento unisseriado. Representam massas de filamentos que flutuam livremente na água (Figura 13.5).

Figura 13.5: Exemplo de filamento simples: a) *Rhizoclonium* (alga de cor verde), b) *Lyngbya* (alga de cor azul), c) *Spirogyra* (alga de cor verde). Modificado de vários autores.

O passo seguinte da adaptação morfológica é a diferenciação de uma célula na base, denominada célula basal, formando expansões chamadas rizóides, que possibilitam a fixação do talo ao substrato, compondo os bentos. No lado oposto à célula basal, isto é, na outra extremidade do filamento, distingue-se uma célula denominada apical (Figura 13.6.a, b, c).

Essa fixação permanente dos talos causa problemas, quando eles vivem em locais de alta turbulência da água. Em razão disso, vários tipos de estrutura de fixação surgem em resposta a esse estímulo, provocando diversas adaptações para resistir à ação mecânica das vagas, como:

a) Aparecimento de uma célula alongada na base e abundantemente ramificada (Figura 13.6.d).

b) Célula basal é engrossada por prolongamentos das células vegetativas próximas à base do talo (Figura 13.6.e, f, g).

c) Estrutura basal maciça formando um disco quase córneo (Figura 13.6.h).

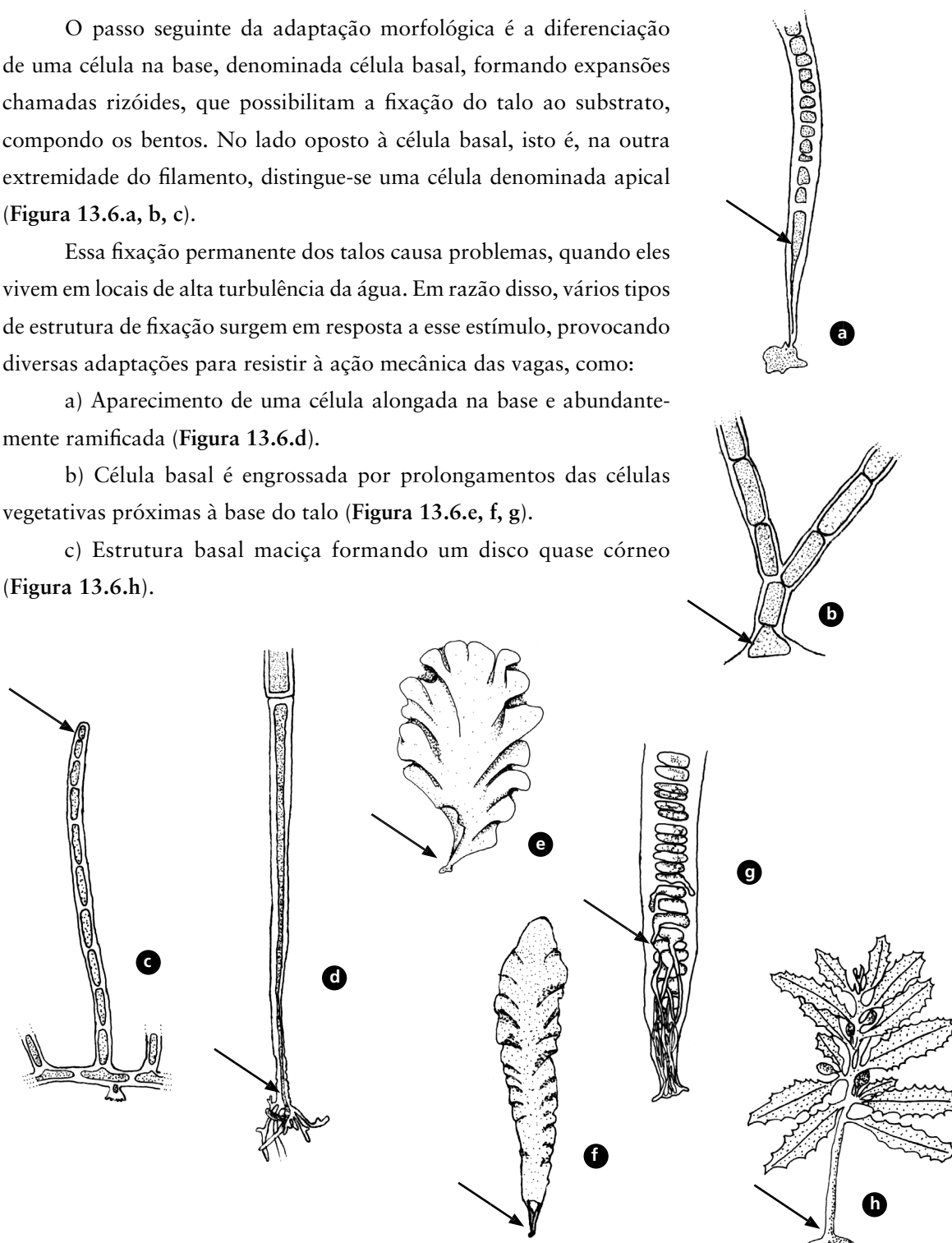


Figura 13.6: a) *Chaetomorpha* (célula basal indicada pela seta), b) *Stylonema* (célula basal indicada pela seta) c) *Spermothamnion* (célula indicada pela seta), d) *Chaetomorpha* (célula basal em ramificações indicada pela seta), e) *Ulva* (seta indica a região basal engrossada por filamentos rizoidais), f) *Porphyra* (seta indica a região basal engrossada por filamentos rizoidais), g) *Bangia* (célula basal com prolongamentos das células vegetativas, indicada pela seta), h) *Sargassum* (a seta indica o disco córneo).

Filamento ramificado

Um novo progresso na organização do talo é o aparecimento de ramificações. Enquanto as células se dividem em único sentido, o resultado dessas divisões é a formação de um filamento sem ramificação.

Desde o momento em que algumas células mudam de direção e a divisão celular se processa numa direção perpendicular ao filamento, inicia-se a ramificação, estabelecendo-se ramificações laterais. O filamento, contudo, ainda é unisseriado ramificado (Figura 13.7.a, b).

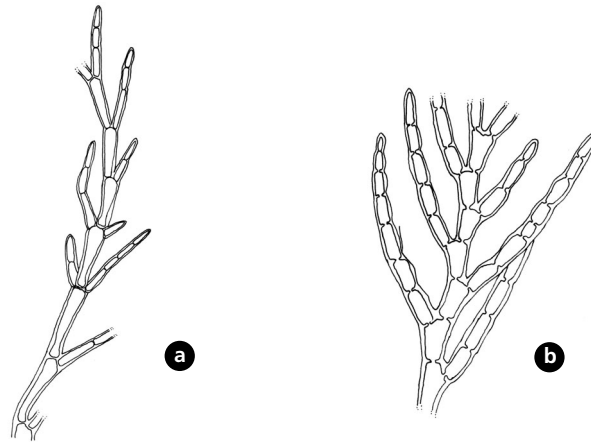


Figura 13.7: Ramificações laterais: a) *Cladophora*, b) *Callithamnion*.

Vários tipos de ramificação podem ser encontrados em diversas morfologias do talo, na maioria das algas multicelulares, onde esses organismos aproveitam e exploram seu modo de vida de maneira eficiente. (Figura 13.8.a, b, c e d)

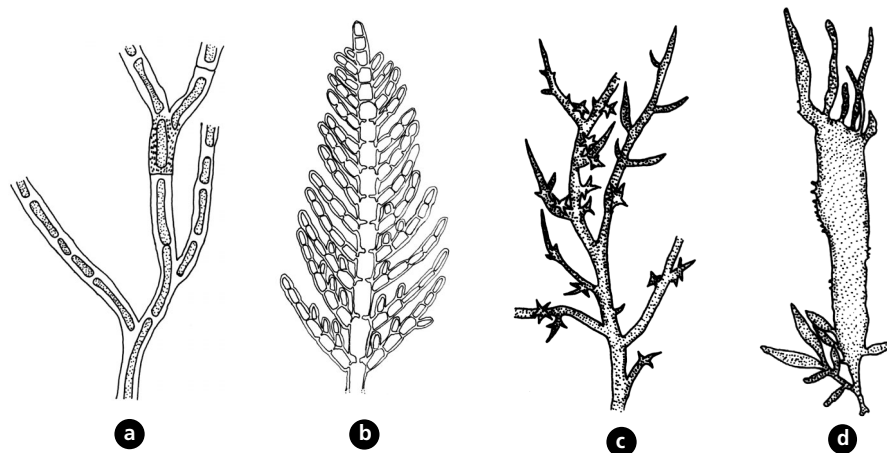


Figura 13.8: Tipos de ramificação: a) alternada (*Cladophora*), b) oposta (*Gymnothamnion*), c) irregular (*Hypnea*), d) irregular (*Grateloupia*).

No decorrer do processo evolutivo, despontam novas mudanças quanto ao tipo de ramificação, quer dizer, de divisão de trabalho.

O filamento central passa a ser o principal em relação ao crescimento indefinido, caracterizado na sua extremidade por uma célula apical. Esse filamento, por sua vez, suporta os ramos laterais, de crescimento definido, que se especializam para fins fotossintéticos, e são designados filamentos assimiladores. Alguns desses ramos laterais, porém, com suas respectivas células apicais, se mantêm com crescimento indefinido, como nas árvores, e em várias direções; o talo assim formado aproveita e explora o espaço de maneira mais vantajosa.

As células do filamento principal que ficam entre as inserções dos ramos “laterais” não devem sofrer novas divisões, nem novo crescimento. Assim, o crescimento do talo se limita aos ápices dos filamentos. Essas células apicais são incumbidas de se dividirem para baixo e de formarem novas células, esboçando, dessa forma, uma diferença adaptativa na divisão de trabalho do talo (Figura 13.9).

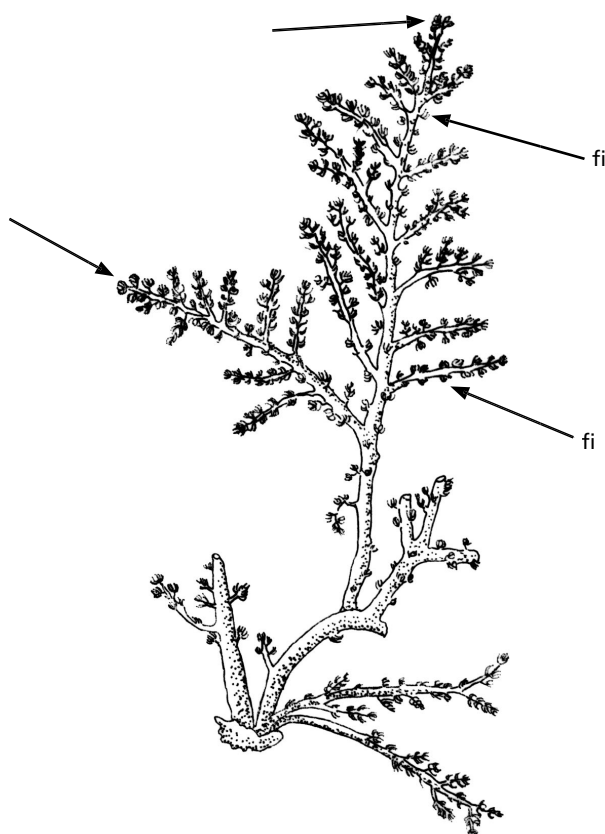


Figura 13.9: *Dasya* (as setas indicam o crescimento apical dos filamentos); fi = filamento.

Com isso, os ápices do filamento principal e dos filamentos laterais de crescimento indefinido tornam-se o ponto vegetativo do talo.

Nessa organização com filamentos ramificados, existem três principais modificações do talo filamentos ramificado. No primeiro, o talo ramificado é ereto e preso por disco de fixação derivado pela junção de vários rizóides (Figura 13.10.a).

No segundo tipo, o talo consiste em duas partes: uma base prostrada e rastejante, formada por filamentos ramificados, e de uma parte ereta (Figura 13.10.b).

No terceiro tipo, há uma supressão da parte ereta. Dessa maneira, o talo consiste somente em base prostrada ou rastejante, formando disco ou uma crosta (Figura 13.10.c).

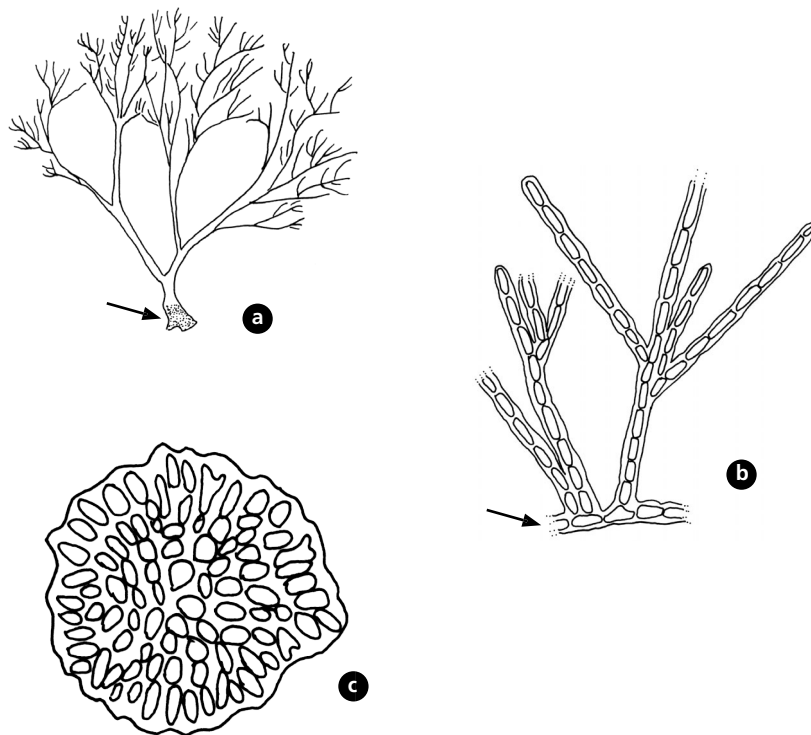


Figura 13.10: Filamentos unisseriados com ramificações laterais: a) *Polysiphonia* (talo ramificado com parte basal em forma de disco indicada pela seta), b) *Acrochaetium* (a seta indica a base prostrada de onde partem os filamentos eretos), c) *Sahlingia* (talo crostoso constituído somente pelos filamentos prostrados).

Organização pseudoparenquimatosa

Os dois tipos de sistemas vegetativos que acabamos de mencionar já são capazes de sobreviver no meio aquático. Entretanto, eles ainda não formam um talo com um corpo volumoso. Assim, houve um avanço, manifestado pelo aparecimento de um terceiro tipo de talo mais compacto, formado por:

- um único filamento ramificado, arranjado por um eixo e sua célula apical, ao qual chamamos tipo uniaxial;
- numerosos filamentos ramificados, arranjados por muitos eixos com suas células apicais que se entrelaçam, denominados tipo multiaxial.

Filamentos do tipo uniaxial e multiaxial formam estrutura pseudoparenquimatosa, por sua semelhança com a próxima organização. As células externas dessas ramificações se fundem, finalmente, num córtex sólido.

Considerável diferenciação nas células resulta em distintos tecidos, como cortical, medular e camada fotossintetizante, todos originados do filamento. Essa estrutura é comum em algumas algas pardas e na quase totalidade das algas vermelhas.

Os talos, com estrutura pseudoparenquimatosa (**Figura 13.11**), incluem:

- a) talos robustos, altamente ramificados;
- b) grandes formas de textura coriácea (= couro);
- c) talos com forte impregnação de carbonato de cálcio;
- d) aquelas achatadas em forma de crostas.

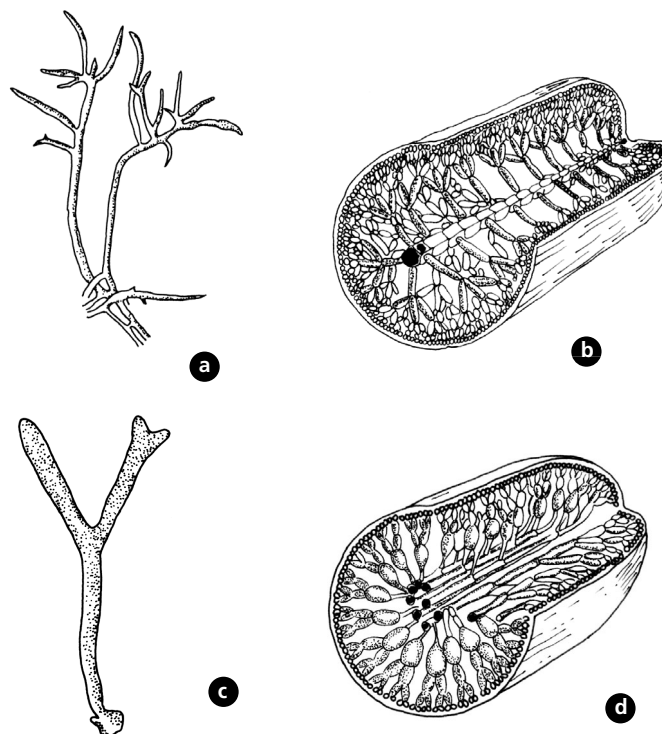


Figura 13.11: Talo com organização pseudoparenquimatosa: a e b *Hypnea*; a) Vista geral do talo, b) Corte longitudinal do talo uniaxial mostrando um eixo em negrito; c e d *Rhodymenia*; c) Vista geral do talo, d) Corte longitudinal de um talo multiaxial mostrando vários eixos em negrito. (Figuras c e d segundo E. C. de Oliveira, EDUSP, 1996)

Organização parenquimatosa

É a organização mais complexa encontrada nas algas. O tipo de talo é derivado de filamentos que se tornam multisseriados, isto é, compostos por mais de uma fileira de células. Na organização parenquimatosa, uma célula se divide em três planos, em vez de arranjos de filamentos, como vimos na organização anterior.

O crescimento apical, oriundo de uma célula ou de várias outras provenientes das ramificações, conduz a uma variedade de formas de talo, como tubos ocos, lâminas, ou cilindros compactos. Tais cilindros, por sua vez, são constituídos por uma ou várias camadas de células em espessura.

As algas de organização parenquimatosa são as mais avançadas em se tratando de construção de talo. Só com o surgimento da organização parenquimatosa em três planos é que se tornou possível uma maior complexidade anatômica, como a encontrada em algumas algas pardas, nas briófitas e plantas vasculares sem sementes (Figura 13.12.a-h).

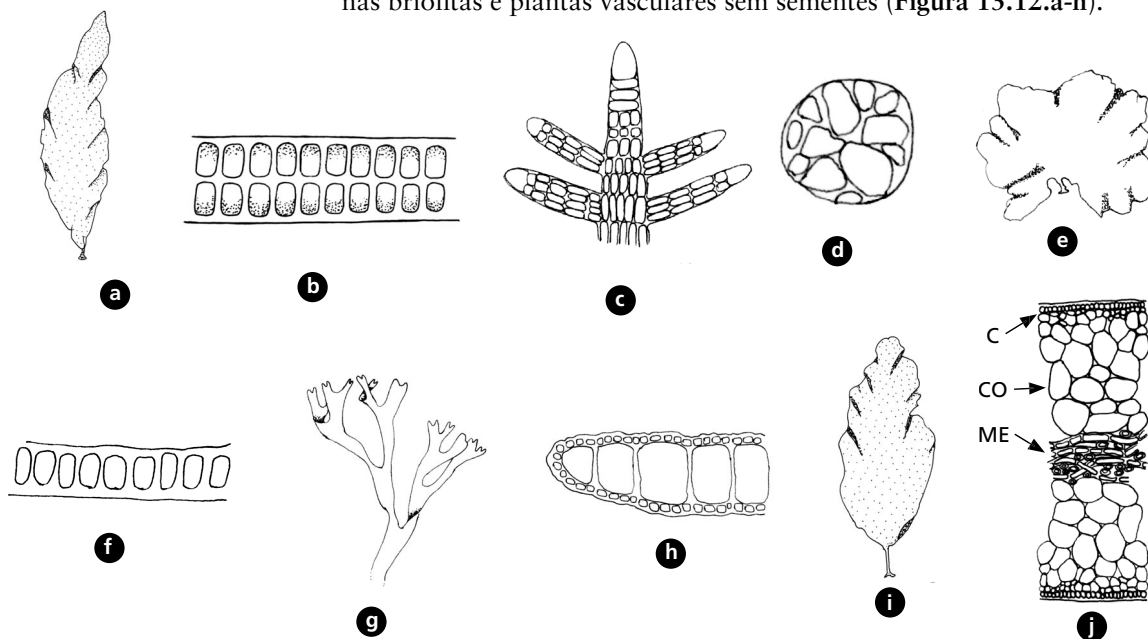


Figura 13.12: Organização parenquimatosa. a e b – *Ulva*: a) Vista geral do talo, b) Corte transversal ao talo; c e d – *Sphacelaria*: c) Região apical do talo, d) Corte transversal ao talo; e e f – *Porphyra*: e) vista geral do talo, f) corte transversal ao talo; g e h – *Dictyota*: g) Vista geral do talo, h) Corte transversal ao talo; i e j – *Laminaria*: i) Vista geral do talo, j) Corte transversal ao talo mostrando tecidos especializados (C – camada cortical fotossintética, CO – camada cortical e ME – tecido medular filamentoso).

Essa complexidade na estrutura leva à formação de tecidos diferenciados, como ocorre nos vegetais terrestres, com funções bem especializadas. Como nos talos pseudoparenquimatosos, os parenquimatosos apresentam células corticais ricas em cloroplastos, atuando como tecido de revestimento e também com a função de realizar a fotossíntese.

Como foi dito anteriormente, algumas algas pardas atingem o seu alto grau de adaptação morfológica. Muitas das formas abandonaram o caráter de talo, produzindo sistemas que parecem vegetais terrestres. Tal diferenciação se desenvolve na parte basal, em forma de disco, de onde se origina um eixo cilíndrico, que se ramifica e se achata em forma de “folhas”, para a absorção de luz, como ocorre nos vegetais terrestres. Devido a seu caráter bentônico, esses talos se mantêm eretos pela presença de aerocistos (vesículas de ar) (Figura 13.13).

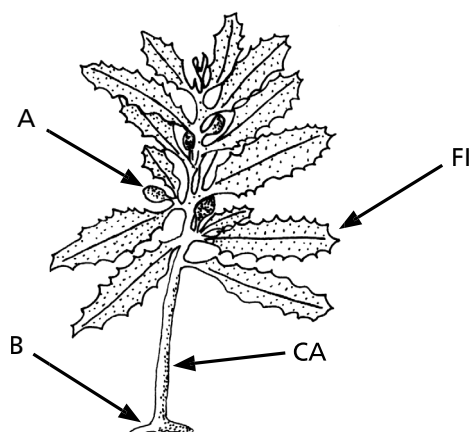


Figura 13.13: Diferenciação do talo em *Sargassum* – B (parte basal), CA (caulídio), FI (filóide) e A (aerocisto).

Em outras algas pardas que alcançam até 60 metros de comprimento (**Figura 13.14.a**), existem estruturas internas bem especializadas, como as hifas, que se apresentam em forma de trompete, e servem para o transporte de produtos orgânicos provenientes da fotossíntese, semelhante ao floema; e também a presença de placa crivada conforme ocorre nos vegetais terrestres mais complexos (**Figura 13.14.b, c**). Por outro lado, não existe nada semelhante ao xilema das traqueófitas, para a condução de água e sais minerais, já que a planta está dentro d'água e a absorção de sais minerais, existentes no meio circundante, é realizada por todo o talo.

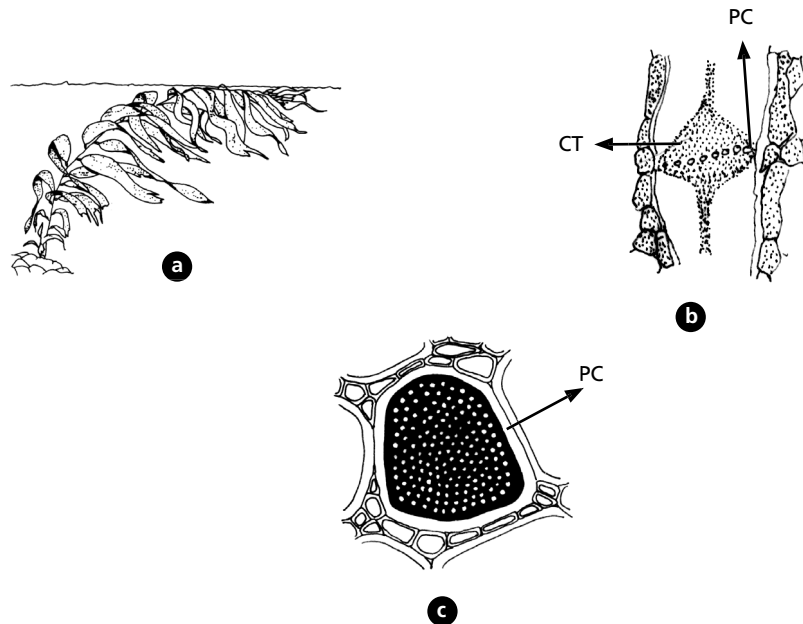


Figura 13.14: Talo altamente especializado em *Macrocyctis*. a) Vista geral do talo, b) Célula em trompete (CT) e placa crivada (PC) em corte longitudinal, c) Detalhe da placa crivada em corte transversal (modificado de Scagel e col., Wadsworth Publishing Company, Inc., 1982).



As algas, particularmente as pardas e as vermelhas, entram na alimentação do homem, principalmente na do povo oriental. Elas também são coletadas para a extração de mucilagem (polissacarídeos), a partir de seus talos, como agentes gelificantes ou espessantes, utilizados em diversos segmentos das indústrias, como, por exemplo, na fabricação de sorvete, de iogurtes, de cervejas, no encapsulamento de remédios, no setor têxtil, entre inúmeros outros.

Organização cenocítica

Em alguns grupos de algas verdes, o talo não é constituído por células, como as outras que você acabou de estudar. Porém, ele é constituído por uma célula gigante composta por centenas de núcleos, não havendo, contudo, a formação de um septo entre eles. A esse tipo de estrutura denominamos cenócitos (Figura 13.15).

Esses talos de estrutura cenocítica podem desenvolver sistemas de ramificação, isto é, os filamentos assimiladores, como aqueles elaborados pelos talos de algas com septo (Figura 13.15.b).



Estrutura cenocítica corresponde a uma célula gigante constituída por uma massa protoplasmática multinucleada, proveniente das divisões nucleares ou cariocinese, não seguidas das divisões citoplasmáticas ou citocinese. Portanto, não há formação de septo (= parede divisória) separando os núcleos.

Muitas dessas algas verdes apresentam multiplicidade de formas, tais como:

a) vesículas (Figura 13.15.a);

b) talos uniaxiais em forma de pena (Figura 13.15.b);

c) talos multiaxiais calcificados (Figura 13.15.d, e).

Um dos casos de notável diferenciação em cenócito é encontrado no gênero *Caulerpa*, onde o talo é formado por um rizoma preso ao substrato por rizóides e por uma parte achatada sugerindo uma semelhança com as plantas vasculares (Figura 13.15.c).

É interessante notar que quando parte do talo é injuriado, forma-se logo uma "rolha" que previne a perda do citoplasma.

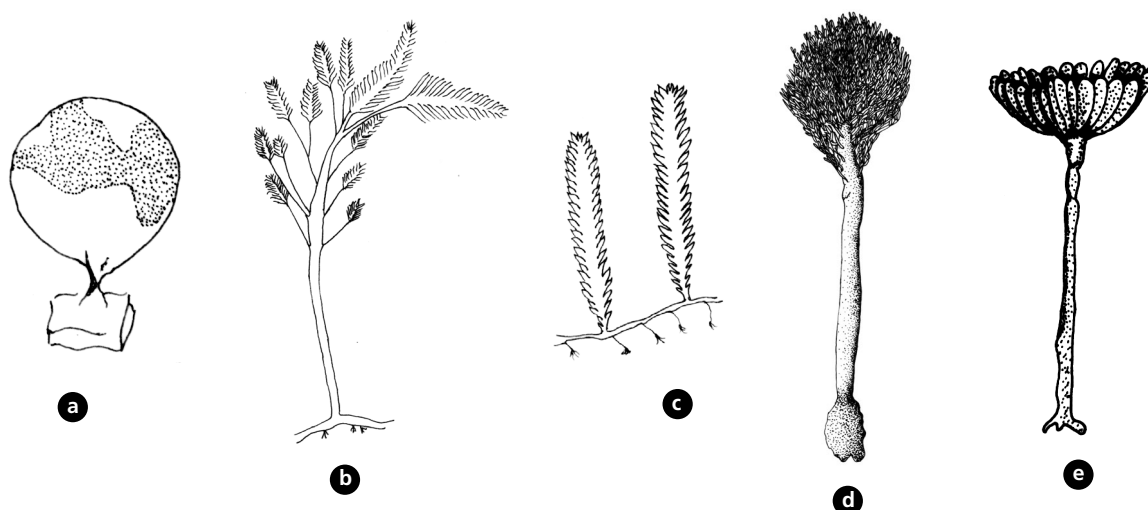


Figura 13.15: Exemplos de talos de organização cenocítica: a) *Halicystis*, b) *Bryopsis*, c) *Caulerpa*, d) *Pencilus*, e) *Acetabularia*.

RESUMO

Nesta aula, você acabou de ver como os talos se organizam, desde as formas unicelulares até a complexidade das multicelulares. Para facilitar a compreensão dos padrões morfológicos, os talos foram divididos em: organismos unicelulares, coloniais e multicelulares. Nesses últimos, a partir da forma mais simples, relacionou-se as diferentes adaptações morfológicas e anatômicas como passos evolutivos, até alcançarem sistemas complicados semelhantes aos dos vegetais terrestres.

EXERCÍCIO

Elabore um relatório de suas atividades no campo, acompanhado de suas observações no laboratório. Quando você for ao costão rochoso, irá notar a beleza dos talos com suas diferentes cores e formas! Boa sorte!

INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA

Dessa maneira, terminamos o estudo dos organismos fotossintetizantes aquáticos, denominados algas. Esperamos que você tenha compreendido e apreciado a complexidade desses organismos aquáticos. Na próxima aula, vamos estudar as adaptações que as plantas sofreram ao conquistarem o ambiente terrestre.

A vida terrestre: níveis de organização das Briófitas e das Vasculares sem sementes (adaptações morfológicas, anatômicas e fisiológicas)

AULA 14

objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- A comparação entre os organismos aquáticos e terrestres.
- Os níveis de organização das Briófitas (morfologia, anatomia e fisiologia = parte vegetativa).
- Os níveis de organização das plantas vasculares sem sementes (Pteridófitas).
- As plantas primitivas (ausência de raiz e folhas).
- As plantas mais complexas (presença de raiz, caule e folhas).

Pré-requisitos

Aula 13 e a disciplina Elementos de Ecologia e Conservação.

INTRODUÇÃO

COMPARAÇÃO ENTRE OS ORGANISMOS AQUÁTICOS E TERRESTRES

Conforme já foi visto, ainda que haja representantes terrestres, as algas são, em sua maioria, seres aquáticos. Assim, os demais organismos fotossintetizantes são seres terrestres que, de agora em diante, serão chamados de plantas. Admite-se que o ancestral de uma planta seja uma alga verde relativamente complexa, portadora de clorofila a e b, que teria invadido a Terra há mais de 400 milhões de anos.

Em se tratando de respostas adaptativas ao ambiente seco, isto é, à atmosfera, observa-se, em relação a isso, uma grande complexidade na organização dos seres terrestres em comparação com a dos seres aquáticos. Portanto, uma planta terrestre é a primeira a habitar o ambiente rigoroso e desfavorável. No caso das algas que vivem no ambiente terrestre, elas apresentam um talo muito simples e pouco diferenciado, porém com adaptações fisiológicas que lhes possibilitam tolerar a ausência periódica da água, provocando um estágio de dormência na falta desse líquido.

Os organismos aquáticos estão submersos permanentemente numa solução contendo substâncias inorgânicas e nutritivas utilizadas para o seu metabolismo. Em contrapartida, os organismos terrestres não estão em contato direto com a água e nem com os nutrientes dissolvidos, e, além disso, podem perder grande parte da água absorvida por evaporação.

Esta crescente complexidade estrutural fez com que as plantas desenvolvessem uma variedade de adaptações tanto morfológica como fisiológica, dependendo do grau de umidade no ambiente.

NÍVEIS DE ORGANIZAÇÃO DAS BRIÓFITAS (MORFOLOGIA, ANATOMIA E FISIOLOGIA)

Com certeza você já observou pequenas plantas crescendo em locais úmidos, formando tapetes verdes. A essas plantinhas vamos denominar Briófitas.

Comumente chamadas de musgos, foram elas as primeiras plantas a conquistar a Terra, ocupando uma posição taxonômica intermediária, isto é, entre as Talófitas e as Traqueófitas. Possuem pigmentos fotossintetizantes (clorofila a e b), como as plantas vasculares e as algas verdes.

As Briófitas apresentam avanços significativos em relação às algas, como, por exemplo, o aparecimento de células condutoras que não são encontradas em qualquer grupo das algas. Além disso, em algumas briófitas, a epiderme é protegida por uma camada fina de cutícula (substância cerificada) que impermeabiliza a superfície exposta, evitando a perda d'água.

ORGANIZAÇÃO DO CORPO: TALOSA E FOLHOSA

Quanto à organização do corpo da planta, distinguem-se dois tipos: talosas e folhosas.

Nas talosas forma-se um talo como nas algas, porém mais complexo; aí incluem-se as Hepáticas (**Figura 14.1**). Nas folhosas já se esboçam estruturas semelhantes à raiz, ao caule e às folhas, denominadas, respectivamente, de rizóides, caulóides e filóides, compreendendo as hepáticas folhosas (**Figura 14.1.d**) e os musgos verdadeiros (**Figura 14.2**).

Os rizóides são formados por filamentos unicelulares (comuns nas Hepáticas) e pluricelulares (encontrados nos musgos). Esses filamentos servem para fixar a planta ao solo e também têm a função de absorver água e sais minerais. Tal função é muito semelhante à das raízes das plantas vascularizadas, mas estas estruturas nada têm em comum entre elas.

O gênero *Marchantia* é um representante típico de uma hepática talosa (**Figura 14.1.a**). Seu talo consiste em uma fita achatada e pluriestratificada, ou seja, apresenta diferentes camadas de células, que atuam como tecido fotossintético de revestimento e de armazenagem.

Pela primeira vez apresenta poros na superfície, associados internamente com as câmaras aeríferas (**Figura 14.1.a**). Estes poros, porém, não têm a capacidade de regular o fluxo dos gases fora e dentro dessas câmaras, que se mantêm sempre abertas, garantindo um controle com o ar externo.

O crescimento da planta se processa por meio de uma célula apical, como nas algas, mas difere destas últimas pela sua forma em cunha, ou seja, a célula se divide alternadamente, num segmento de cada lado (Figura 14.1.b). Esse segmento, por sua vez, se divide novamente originando um talo estratificado. A ramificação sucede lateralmente pelo estabelecimento de novas células apicais.

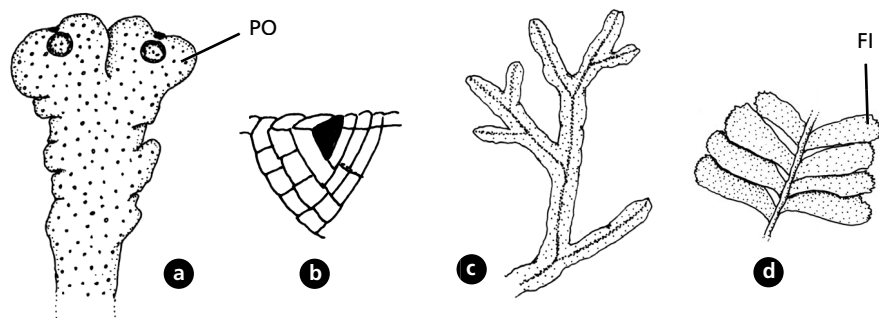


Figura 14.1: Diversidade das Hepáticas. a) *Marchantia*; b) célula apical de *Marchantia*; c) *Metzgeria*; d) *Plagiochila* (Hepática folhosa); PO = poro, FI = filóide.

Nas hepáticas folhosas e nos musgos observam-se características de transição entre as traqueófitas. Isso ocorre com a presença de lâminas fotossintetizantes diferenciadas, que são os filóides, semelhantes às pequenas folhas que circundam o caulóide, isto é, o eixo semelhante ao caule.

O crescimento dos filóides é assegurado por uma célula apical única. Ela é constituída de três faces que, numa seqüência regular de dois modos (= bilateral e espiralada), produz segmentos de cima para a base da planta. A disposição dos filóides no caulídio separa as hepáticas folhosas dos musgos. Nas primeiras, os filóides são sem nervura e estão arrumados bilateralmente (Figura 14.1.d), enquanto nos musgos, eles, os filóides, possuem uma nervura mediana (Figura 14.2.b) e estão dispostos de maneira espiralada no caulóide (Figura 14.2.a, b, c). Os filóides são, na maioria, uniestratificados, exceto na região das nervuras onde possuem mais de uma camada de células. Mesmo assim, eles não estão organizados estruturalmente como ocorre com uma folha de uma traqueófito. Esses filóides podem modificar sua posição no caulídio. Tal fato constitui um importante mecanismo para reduzir a perda d'água. Quando a umidade do ar diminui, os filóides enrolam-se e se justapõem ao caulídio, reduzindo a superfície exposta à evaporação.

A diversidade quanto ao tipo morfológico das briófitas (relva, densas almofadas, pendentes) está ligada diretamente à disponibilidade da água.

Essa água é conduzida para o interior da planta por meio de células condutoras sem citoplasma denominadas hidróides, que são células mortas e alongadas (Figura 14.2.d). A função dos hidróides é a mesma do xilema das plantas vasculares. Contudo, os hidróides carecem de células lignificadas em suas paredes.

Em hepáticas e em alguns musgos, geralmente a condução interna de água é realizada pelos espaços livres formados pelas espessas paredes celulares do parênquima. Por outro lado, em plantas com finas paredes celulares, a condução de água é feita de célula a célula, através da membrana celular. Por fim, a água é conduzida para a atmosfera através da evaporação da planta. Os musgos mais especializados apresentam células medulares, chamadas leptóides: são células alongadas com citoplasma, que têm a função de transportar fotossintetatos, como sacarose (Figura 14.2.d). Nesse ponto, os leptóides são semelhantes ao floema das plantas vasculares.

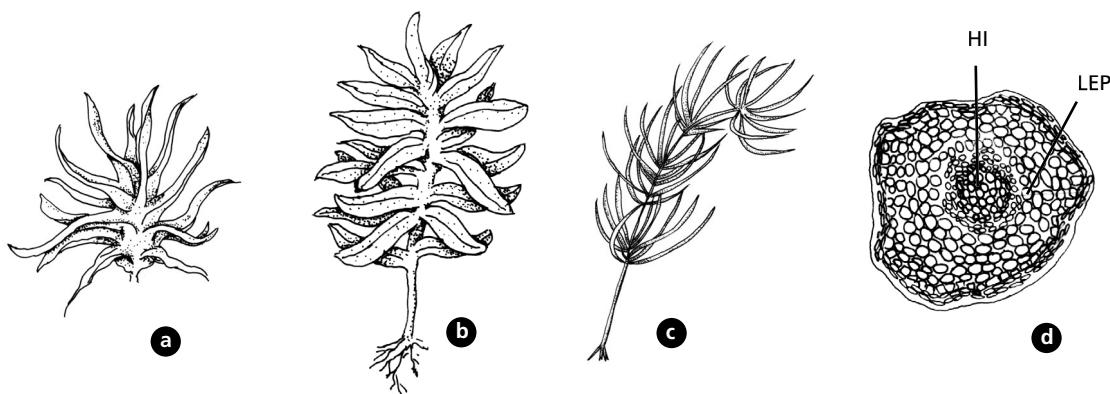


Figura 14.2: Musgos. a) *Leucobryum*; b) *Mnium* (notar a nervura indicada pela seta); c) *Polytrichum*; d) corte transversal do caulóide de *Polytrichum*; HI = hidróide e LEP = leptóide.

Embora em musgos a organização externa apresente caulóide e filóide e internamente seja constituído de elementos condutores, essas estruturas estão longe de ser comparadas com a complexidade do caule e das folhas das traqueófitas.

! Em Briófitas, como nas algas, denominamos rizóides os órgãos de fixação ao substrato; de caulóide ou caulídio o eixo de sustentação, e filóide ou filídio as lâminas que realizam a fotossíntese.

ADAPTAÇÕES DAS PLANTAS AO AMBIENTE TERRESTRE

Acabamos de discorrer um pouco sobre as importantes adaptações que as plantas sofreram ao conquistar o ambiente terrestre. Vamos, nesta aula, continuar falando um pouco mais sobre isso.

Você já pensou o que seria para sua existência viver sem água?

A água é um elemento indispensável à vida. Portanto, a vida fora d'água exige mecanismos para a obtenção, o transporte e a conservação de água para a sobrevivência das plantas, já que elas não se locomovem.

Vamos recordar as aulas passadas: você se lembra da alga marinha, denominada *Sargassum*, que atingiu o alto grau de adaptação morfológica, que possui o eixo parecido com o caule? E que ao redor desse eixo, se dispõem lâminas parecidas com folhinhas e que fazem fotossíntese? Pois bem, se você retirar essa alga do seu ambiente natural, local onde sempre vive imersa, mesmo que ela fique com sua parte basal dentro d'água, ela morrerá em pouco tempo. Esse fato explica a falta de estruturas diferenciadas e de adaptações fisiológicas necessárias para viver fora d'água.

Essas adaptações abrangem a absorção da água, sua distribuição e retenção dentro da planta. Além disso, é necessário ter também adaptações para sua sustentação, na captação da energia luminosa, na troca de gases e no armazenamento.

A esse grupo de plantas que apresentam estruturas e dispositivos inteiramente adaptados para viver fora d'água, vamos denominar **traqueófitas**, isto é, plantas que apresentam raiz, caule e folhas.

Raiz é uma estrutura complexa que serve, ao mesmo tempo, para fixar-se na terra, absorver e conduzir a água e os sais minerais. Essa estrutura cresce para baixo, penetra no solo e se ramifica, além de servir de apoio para a sustentação da parte ereta que fica fora da terra, isto é, o **caule** e seus **ramos** e **folhas**.

Desde que essa água e sais minerais são absorvidos pelo eixo raiz-caule, eles têm que ser transportados para todas as regiões da planta, fato esse realizado por células especiais que se organizam para constituir o tecido condutor, denominado **xilema** e **floema**, os quais se encontram nas raízes, no caule e nas folhas e nas outras partes aéreas da planta.

Após a absorção da água e o transporte dela para toda a planta, é necessário manter essa água dentro das células para que a planta não seque. Então, desenvolveu-se, como estratégia de sobrevivência, para evitar essa perda d'água, uma camada de cera protetora denominada cutina, que funciona como revestimento à prova d'água. Mas, por outro lado, essa impermeabilização impede as trocas gasosas com a atmosfera, como o oxigênio proveniente da fotossíntese durante o dia e o gás carbônico durante a respiração.

Dispositivos para controlar a entrada e a saída de gases se efetuam por meio de interrupções do envoltório impermeável, como poros providos de células especiais, constituindo os estômatos.

Nos organismos aquáticos, como as algas, não há necessidade dos estômatos, pois o O_2 e CO_2 encontram-se dissolvidos na água e são absorvidos por toda a superfície desses seres.

Embora com evidências adaptativas na morfologia e na fisiologia descritas acima, elas não foram suficientes para que a planta pudesse viver fora d'água.

É indispensável outro dispositivo de estruturas laminares, resistentes e flexíveis, com distribuição homogênea de células com clorofila, que se chamam **folhas**. Essas folhas merecem atenção especial porque desempenham um papel importante no metabolismo, que é a fotossíntese, cujo processo você irá estudar mais adiante.

NÍVEIS DE ORGANIZAÇÃO DAS PLANTAS VASCULARES SEM SEMENTES: PTERIDÓFITAS

O avanço mais importante das plantas vasculares sem sementes, quando comparadas às Algas e Briófitas, ocorreu com o aparecimento de tecidos vasculares especiais.

Somente o grupo de plantas portadoras de tecido condutor, ou seja, aquelas que possuem “vasos” em forma de “tubos” especiais para a condução de água e dos solutos orgânicos através da fotossíntese, foi capaz de aumentar seu comprimento e afastar suas células clorofiladas do solo para a captação de luz.

Assim, as primeiras plantas terrestres foram as **Pteridófitas**. Elas envolvem as samambaias, as avencas, os licopódios ou pinheirinhos, os equisetos, também chamados de cavalinhas, e outras espécies, que possuem tecidos vasculares especializados (xilema e floema), ausentes em algas e briófitas. Todas essas plantas ainda dependem da água para fecundação e não apresentam sementes.

Quando se vai à mata ou à floresta, observa-se uma grande variação de plantas de diversos tamanhos, muitas vezes compostas de folhas exuberantes. São as Pteridófitas.

Como acabamos de mencionar, com a conquista efetiva do ambiente terrestre pelas plantas, vários processos evolutivos foram acontecendo, constituindo adaptações estruturais e fisiológicas que não eram necessárias nas algas verdes.

Você está notando que estamos sempre comparando outros organismos com as algas verdes? É porque admitimos que elas são as ancestrais das plantas terrestres.

Dessa maneira, o estudo das Pteridófitas pode apontar para essas estruturas de raiz, caule e folhas permitindo que se entenda como elas evoluíram até a formação dessas complexas estruturas encontradas nas plantas terrestres atuais.

Assim, os tecidos vasculares primários, xilema e floema, e a medula formam juntos o cilindro central ou estelo da estrutura primária presentes na raiz ou no caule.

PLANTAS PRIMITIVAS (AUSÊNCIA DE RAIZ, CAULE E FOLHAS)

As primeiras plantas vasculares que se conhecem são as mais primitivas que habitaram a Terra, cerca de 400 milhões de anos. Essas plantas apresentam-se sem sementes, têm \pm 10cm de altura, e são constituídas de eixos simples e delgados dicotomicamente ramificados, sem diferenciação em seu corpo entre raiz, caule e folhas, as quais pertencem ao gênero *Rhynia* (Figura 14.3.a).

Foi provavelmente uma planta de pântano, apresentando eixos eretos bifurcados (ramos) que ficaram ligados a uma estrutura parcialmente enterrada no solo, denominada rizoma, e que exibia tufos de rizóides (semelhantes aos das Briófitas) com a função de absorver água e sais minerais por difusão de célula a célula, atingindo os elementos condutores do eixo. Dos eixos e ramos aéreos originam-se excrescências em forma de escamas, como principais órgãos fotossintetizadores, que você verá mais adiante. Esses eixos e ramos encontram-se externamente cobertos pela cutina e entremeados por estômatos, orifícios para a liberação dos gases (O_2 e CO_2). Anatomicamente, esse eixo delgado é constituído por camada de células formando as células superficiais, a epiderme, circundando o tecido assimilador do córtex por um parênquima frouxo e o centro do eixo é constituído por um sólido cilindro central formado por xilema e envolto por floema (Figura 14.3.b).



Tecidos vasculares primários, xilema e floema, e a medula formam o cilindro central denominado também de estelo.

Atualmente, existem plantas semelhantes a *Rhynia*, como o gênero *Psilotum*, encontradas nas matas úmidas da Serra do Mar.

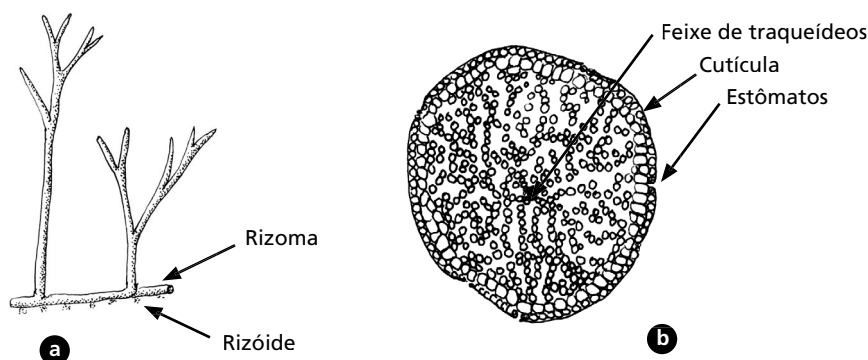


Figura 14.3: a) *Rhynia* - aspecto geral; b) corte transversal do eixo delgado. (Modificado de E.C. de Oliveira, 1996.)

PLANTAS COM RAIZ, CAULE E FOLHAS

Evolução do caule

Após os comentários sobre as adaptações das plantas ao conquistarem o ambiente terrestre, os padrões da organização evolutiva do tecido vascular primário do caule serão reconhecidos nos dois tipos básicos do estelo, entre os primeiros vegetais terrestres: protostelo e sifonostelo.

a) Caule protostélico:

O caule protostélico é considerado o tipo mais primitivo de estelo, originando as plantas vasculares atualmente consideradas as mais primitivas. É encontrado nos gêneros atuais, como *Psilotum*, lycopódios e pinheirinhos. Esse tipo de caule é baseado na coluna central do xilema, circundada pelo floema. Nesse caso, a medula está ausente, daí a denominação de protostelo (Figura 14.4.a, b).

b) Caule sifonostélico:

Tipo de caule mais evoluído, distingue-se pela presença de uma coluna central de tecido vivo (parenquimatoso) e pela medula. O xilema e o floema dispõem-se de forma variada em torno dessa medula. São comumente encontrados nas cavalinhas ou equisetos, nas avencas, nas samambaias e em outras plantas (Figura 14.4.c).

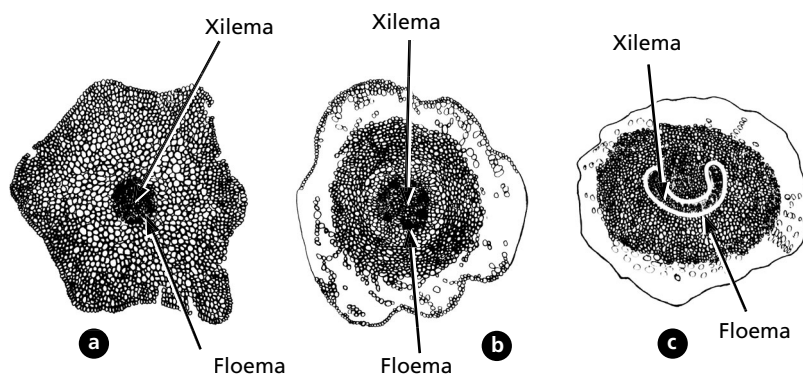


Figura 14.4: Cortes transversais dos diferentes tipos de caule. a) Caule protostélico de *Psilotum* (xilema em forma de estrela, rodeada pelo floema); b) caule protostélico de *Lycopodium*; c) caule sifonostélico de *Adiantum* (avenca), anel semicircular composto por: xilema na parte interna envolvida pelo floema em negrito. (Modificado de vários autores.)

Evolução da folha

As folhas são os principais apêndices laterais do caule de crescimento limitado e, juntas a ele, constituem a parte aérea da planta. Nas Pteridófitas, a parte aérea é praticamente composta só por folhas.

Como já foi dito, essas folhas constituem órgãos importantes para a absorção de luz, necessária para a realização da fotossíntese.

De acordo com a morfologia comparada, distinguem-se duas categorias de folhas: as micrófilas e as macrófilas, as quais representam duas distintas linhas de evolução.

As micrófilas são de tamanho pequeno, contendo uma nervação simples, sem ramificação. Essa nervação, que passa do protostelo para a folha, é denominada **traço foliar**. Isso ocorre sem interromper a continuidade do estelo, portanto, não deixa lacuna no cilindro vascular.

Você encontra esse tipo de folhas em licópódios, também conhecidos como pinheirinhos, selaginelas e cavalinhas (*Equisetum*) (Figura 14.5).

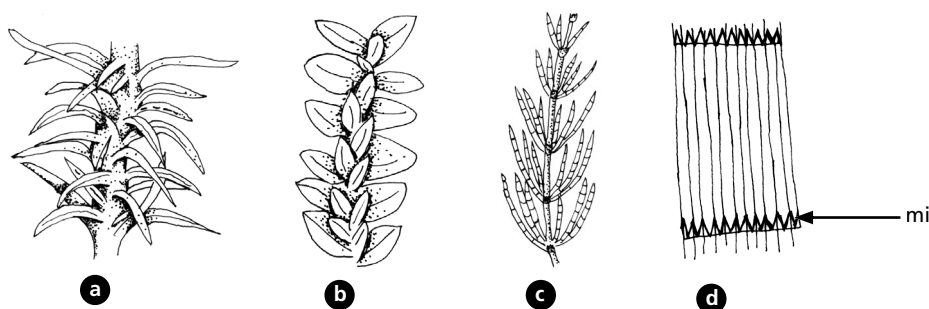


Figura 14.5: Diversidade das micrófilas em plantas vasculares sem sementes. a) Micrófilas iguais em *Lycopodium*; b) micrófilas desiguais em *Selaginella*; c) hábito geral em *Equisetum*; d) detalhe do caule com as micrófilas em *Equisetum*; mi = micrófila.

As excrescências em forma de escamas, como você viu em *Rhynia* e *Psilotum*, não oferecem nervações, representando as folhas primitivas, precursoras dos micrófilos. Portanto, houve uma evolução gradual nos traços foliares, dando origem aos micrófilos encontrados nas plantas atuais (Figura 14.6).

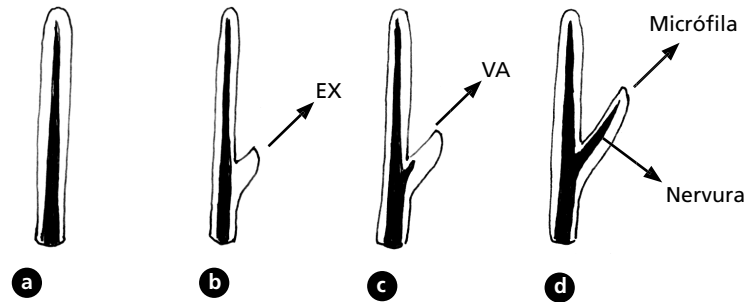


Figura 14.6: Evolução das micrófilas. a) Caule (parte interna ressaltada em negrito composta por xilema e floema); b) excrescência – EX; c) início da vascularização – VA; d) formação de micrófila. (Modificado de Raven, Evert & Eichhorn, Ed. Guanabara Koogan S.A., 1996.)

Em contraposição, as macrófilas são mais complexas, de tamanho maior, contendo múltiplas nervações, ou seja, são altamente ramificadas e seus traços foliares (estruturas associadas às lacunas foliares no estelo) deixam lacunas no estelo da planta. Assim formou-se o limbo foliar, quer dizer, a folha propriamente dita.

Como se formaram essas macrófilas?

A formação dessas macrófilas ocorreu em três etapas (**Figura 14.7**). Elas se originaram, numa primeira etapa, a partir da evolução dos ramos apicais do caule. Esse desenvolvimento está ligado inicialmente ao tipo de ramificação dicotômica do eixo (**Figura 14.7.a**), onde mais tarde uma das divisões prevaleceu sobre as outras, constituindo a ramificação monopodial e a continuação das dicotomias que passaram a ser laterais (**Figura 14.7.b, c**). A segunda etapa foi a ordenação das dicotomias em um único plano (**Figura 14.7.d, e**), enquanto a terceira ocorreu com o aparecimento de um tecido entre essas dicotomias para formar o limbo foliar (**Figura 14.7.f**).

Dessa forma, as macrófilas possuem uma lacuna no cilindro vascular, no ponto em que os feixes se dirigem à folha (Figura 14.7.g).

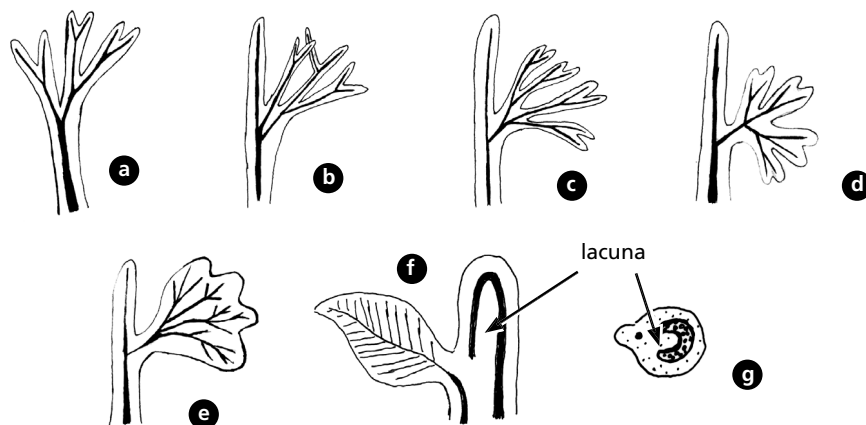


Figura 14.7: Evolução das macrófilas. a) Caule com ramificação dicotômica; b) superposição de ramificação desigual (eixo monopodial); c) ramificação lateral em um mesmo plano; d) aparecimento de uma membrana entre as dicotomias; e) formação de macrófila (a parte escura = tecido vascular); f) e g) esquema de uma folha macrófila na presença de lacuna no cilindro vascular, em corte longitudinal e transversal, respectivamente.

Como as folhas apresentam um alto grau de vascularização, elas podem alcançar tamanhos consideráveis, maiores do que as outras plantas vasculares com sementes.

Quanto à morfologia externa, essas folhas (limbo) podem ser simples ou divididas. Quando divididas, as pequenas lâminas são denominadas folíolos e estão ligadas entre si pela nervura central da folha. Essa nervura se chama ráquis (que termina em um pecíolo), resultando em uma folha composta ou pinada. As folhas, quando são repetidamente subdivididas, classificam-se em bipinadas, tripinadas etc. (Figura 14.8.a-h).

Constitui fato importante as folhas, antes de se abrirem, apresentarem uma estrutura enrolada chamada **bácula**, característica das Pteridófitas. Ex: avenca, samambaias, trevo de quatro folhas (**Figura 14.8.i**)

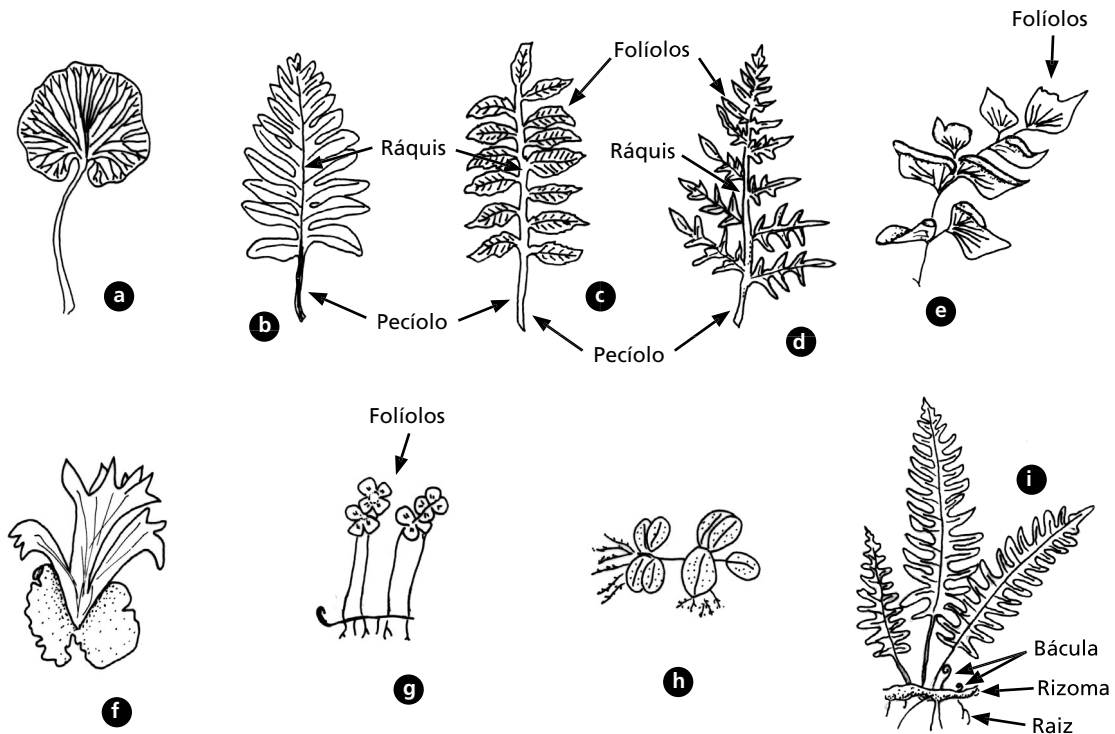


Figura 14.8: Diversidade das folhas de Pteridófitas. a) Folha simples; b) folha composta (pinada); c) folha composta alternada; d) folha composta (bipinada); e) folha composta (em forma de trevo de quatro folhas, gênero *Marsilea*); f) folha composta de *Adiantum* (avenca); g) folha simples de *Platynerium* (chifre-de-veado); h) folhulas de *Salvinia* (Pteridófito aquático); i) aspecto geral de uma samambaia (Pteridófito) mostrando a bácula que se origina do rizoma (caule rastejante).

RESUMO

Nesta aula, comparou-se as respostas adaptativas dos organismos aquáticos e dos terrestres. Discorremos também sobre a grande complexidade morfológica e fisiológica das plantas terrestres ao conquistarem um ambiente rigoroso e desfavorável. Vimos que as Briófitas são as primeiras plantas a se desenvolverem no ambiente seco, a atmosfera, necessitando, porém, de umidade para sua sobrevivência. Portanto, elas ocupam uma posição taxonômica intermediária entre as talófitas (algas) e traqueófitas (plantas com vasos condutores). Além disso, ressaltou-se a importância da água para as plantas, exigindo mecanismos para obtenção, transporte, e conservação para sua subsistência. Em consequência disso, houve o aparecimento nas plantas de raiz caule e folhas, constituído por um sistema de vasos condutores bastante desenvolvidos. Assim, as primeiras plantas terrestres, formadas por esse sistema de vascularização, são as Pteridófitas.

EXERCÍCIO

Gostou da aula de campo na mata?

Pois bem, você tem um relatório para apresentar.

Não se esqueça:

- de mostrar que você observou bem nas Briófitas a disposição dos filóides no caulídeo, verificando se eles têm ou não nervura.
- em plantas vasculares sem sementes, mostre que você prestou bastante atenção para os tipos de folhas, se são micrófilas ou macrófilas (simples, pinada, bipinada etc).
- após estas observações, tenha a certeza de que você está apto a elaborar um ótimo relatório. Qualquer dúvida procure seu tutor.

Boa sorte!

INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA

Todas as estruturas da raiz, caule e folhas você estudará com mais detalhes em aulas seguintes.

**Algas – Aula de Campo –
Guia de Trabalhos de
Campo (cada aluno deve
levar consigo este guia)**

**AULA
15**

objetivo

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Observar as populações de algas marinhas *in situ*, sua morfologia e distribuição ao longo do costão e associações mais evidentes.

GUIA DE TRABALHOS DE CAMPO

Dividir em grupos de 4 alunos. Cada grupo será responsável por um trecho do costão. Procure não coletar em excesso o material para observação. **Preserve o Meio Ambiente!!!**

Procedimentos no costão:

1. Esquematizar o trecho do costão estudado, anotando as ocorrências das algas.
2. Observar e anotar o tipo de ambiente (sol ou sombra), local batido ou não, poças ou associações (alga-animal, alga-alga).
3. Coletar, por meio de uma espátula, 3 exemplares de cada tipo morfológico e de diferentes cores, para ser observada neles a organização vegetativa em bandejas: estrutura de fixação, tipo de talo (filamentoso, foliáceo, arbustivo ou crostoso, acompanhado sempre pela cor preponderante).
4. Hábito do talo: solitário, agregado, epífito (talo sobre talo), epizóico (talo sobre animais).

Apresentação de relatório:

O aproveitamento da excursão dependerá do grau de observação que se reverterá na qualidade do relatório.

Materiais para coleta:

1. Bandeja plástica (tamanho: 35cm x 27cm).
2. Lupa de mão.
3. Régua para medir as algas.
4. Prancheta, lápis, borracha e papel para anotações e desenhos, envolvidos em sacos plásticos, no caso de chuva.
5. Guia de trabalho de campo.
6. Máquina fotográfica (opcional).

Materiais de uso pessoal:

1. Trajes de banho (viajar com o traje, pois não haverá lugar para trocar a roupa).
2. Tênis com solado, para não escorregar no costão molhado.
3. Chapéu ou boné.
4. Toalha.
5. Repelente, no caso de pessoas alérgicas.
6. Filtro solar.
7. Lanche.



ATENÇÃO!

**SEJA CUIDADO PARA
NÃO ESCORREGAR!!!**

**Briófitas e Pteridófitas –
Aula de Campo – Guia de
Trabalhos de Campo
(cada aluno deve levar
consigo este guia)**

AULA 16

objetivo

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Observar as populações de Briófitas e Pteridófitas *in situ*, caracterizando suas diferentes formas morfológicas.

GUIA DE TRABALHOS DE CAMPO

Dividir em grupos de 4 alunos. Cada grupo ficará responsável por um trecho da mata. Procure não coletar em excesso o material para observação. **Preserve o Meio Ambiente!!!**

Procedimentos na mata:

1. Esquematizar o trecho da mata estudado, anotando a ocorrência das **Briófitas e Pteridófitas**.
2. Observar com cuidado o tipo de ambiente onde vivem as plantas (sol ou sombra) e suas associações (sobre árvores).

Briófitas

- a) Coletar quatro exemplares diferentes, por meio de uma espátula, para ser observado quanto ao tipo de organização da planta (duas talosas e duas folhosas).
- b) Comparar, através da observação a olho nu, as diferenças entre os dois tipos de organização talosa.
- c) Comparar macroscopicamente as diferenças entre os dois tipos de organização folhosa.

Plantas vasculares sem sementes

- a) Coletar cinco tipos de plantas vasculares sem sementes quanto à forma das micrófilas e macrófilas.

Apresentação de relatório:

O aproveitamento da excursão dependerá do grau de observação que se reverterá na qualidade do relatório.

Materiais para coleta:

1. Bandeja plástica (tamanho: 35cm x 27cm);
2. Lupa de mão.
3. Régua para medir as Briófitas e Pteridófitas.
4. Prancheta, lápis, borracha e papel para anotações e desenhos, envolvidos em sacos plásticos, no caso de chuva.
5. Guia de trabalhos de campo.
6. Máquina fotográfica (opcional).

Materiais de uso pessoal:

1. Viajar de calça comprida.
2. Casaco.
3. Tênis solado.
4. Chapéu ou boné.
5. Repelente contra mosquitos.
6. Lanterna.
7. Lanche.

**ATENÇÃO!**

TER CUIDADO PARA
NÃO SE PERDER NA MATA
E MANTENHA-SE SEMPRE
JUNTO DO GRUPO!!!

Níveis de organização da parte vegetativa das plantas vasculares com sementes (Gimnospermas e Angiospermas)

AULA 17

objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Levar o aluno a conhecer a morfologia externa dos órgãos vegetativos – raiz, caule e folhas – das plantas vasculares com sementes, também conhecidas como Fanerógamas; diferenciá-los quanto à estrutura externa e apresentar a função de cada um.
- Identificar os órgãos vegetativos dos diferentes grupos de Fanerógamos (Gimnospermas, Angiospermas Dicotiledôneas e Angiospermas Monocotiledôneas).

Pré-requisito

Para o melhor entendimento desta aula, você deverá rever as Aulas 1 e 14.

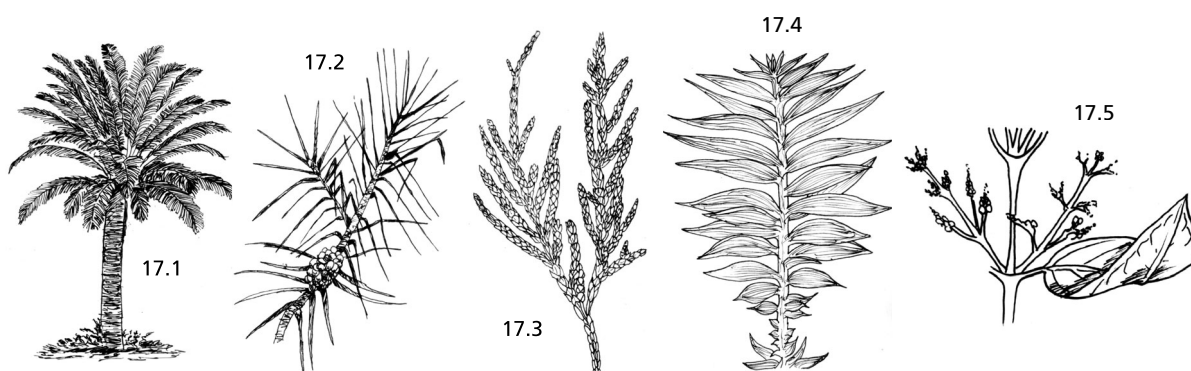
INTRODUÇÃO



Organografia: é a disciplina da Botânica que se preocupa com o estudo da morfologia externa dos órgãos das plantas (raiz, caule, folhas, flores e frutos).

Como vimos na aula passada, o grupo das plantas vasculares sem sementes – Pteridófitas – já possui raiz, caule e folhas. Vamos agora tratar das plantas vasculares com sementes – as Fanerógamas, ou seja, aquelas que apresentam flores: Gimnospermas e Angiospermas.

O grupo das Gimnospermas é representado pelos pinheiros, plantas que habitam preferencialmente o hemisfério norte de clima temperado. Possui uma diversidade morfológica muito pequena, pois atualmente está limitado a aproximadamente 750 espécies, sendo 20 nativas do Brasil. Quase sempre possui caule do tipo tronco (árvores) e as folhas estão restritas a poucos tipos morfológicos (**Figuras 17.1 a 17.5**).



Tipos de folhas das Gimnospermas. **Figura 17.1:** folha pinatissecta (*Cycas* spp., Cycadaceae); **Figura 17.2:** folha acicular (*Pinus* spp., Pinaceae); **Figura 17.3:** folha escamiforme (*Cupressus* spp., Cupressaceae); **Figura 17.4:** folha escamiforme (*Araucaria* spp., Araucariaceae); **Figura 17.5:** folha laminar (*Gnetum* sp., Gnetaceae).



Grande parte das espécies de pinheiros que encontramos no Brasil são cultivadas; a espécie nativa mais notável é o pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*), que compõe a Floresta de Araucárias do sul do país.



O número de espécies de Angiospermas nativas do Brasil contribui para que o nosso país ocupe o primeiro lugar em Diversidade Biológica (Biodiversidade) no mundo.

Ao contrário das Gimnospermas, o grupo das Angiospermas possui uma grande diversidade de tipos de caules e folhas. Fala-se hoje em cerca de 250.000 espécies conhecidas, sendo 50.000 brasileiras, onde encontramos desde plantas como a aquática lentilha-d'água, com cerca de 2mm de comprimento, até as árvores de grande porte, como a sumaúma da Amazônia e o baobá da África. Neste grupo incluem-se também as palmeiras, epífitas, insetívoras, saprófitas, plantas parasitas e muitas outras. Habitam desde as regiões desérticas até as áreas mais frias do planeta. Está dividido em duas classes: Dicotiledôneas (dois cotilédones) e Monocotiledôneas (um cotilédone), sendo que o primeiro grupo é bem mais rico em espécies e famílias. No final desta aula você verá que nesses dois grupos vegetais existem diferenças entre a morfologia dos órgãos vegetativos - raiz, caule e folhas.

* O nome científico das plantas citadas no texto encontra-se no final desta aula.

RAIZ

Características gerais

As raízes são chamadas normais quando inicialmente se originam da radícula do embrião durante a germinação da semente. Por isso se diz que a raiz primária tem origem embrionária (ex.: feijão). Já as raízes secundárias, terciárias etc., que dela surgem, provêm de tecidos internos profundos, cuja origem, portanto, é endógena (origem interna), ao contrário do caule, como veremos mais adiante. Quando as raízes não surgem da radícula do embrião ou da raiz primária por ela formada, são chamadas adventícias e se formam a partir do caule (ex.: milho) ou, mais raramente, das folhas (ex.: folha-da-fortuna); a maioria também tem origem endógena.

Geralmente elas crescem em direção ao solo, possuindo geotropismo positivo; não apresentam gemas e são aclorofiladas, isto é, não têm clorofila. No entanto, existem exceções que serão comentadas na aula sobre Adaptações de Raízes (Aula 19).

As raízes servem à fixação do vegetal ao substrato e à captação e transporte da água e sais minerais dissolvidos até às seções superiores da planta. A solução que corre pelos vasos lenhosos, extraída do solo pelas raízes, é chamada de seiva ascendente ou mineral (inorgânica); a seiva descendente ou orgânica que circula pelos vasos do floema forma-se da anterior, acrescida dos produtos da fotossíntese, como veremos em aulas posteriores.

Muitas vezes as raízes funcionam como órgãos de armazenamento de reservas (tuberização), como o amido (fécula), o açúcar etc. (veja mais adiante a Aula 19). São muito utilizadas na alimentação e na medicina.

A raiz e o meio

Quanto ao hábito, as raízes podem ser divididas em:

- Aéreas – quando expostas ao ar;
- Terrestres ou subterrâneas – quando se desenvolvem em vegetais de solo firme;
- Aquáticas natantes – em plantas que flutuam;
- Aquáticas lodosas – em plantas que se fixam em pântanos e no fundo de rios e lagos.

As principais adaptações das raízes dentro desses diferentes hábitos serão abordadas na Aula 19.

As regiões da raiz

Nas raízes podemos encontrar regiões com funções distintas, mas que nem sempre são fáceis de visualizar nas plantas terrestres. Nas raízes aquáticas, é muito mais fácil identificar essas regiões, já que as raízes não ficam enterradas no solo. É o caso do aguapé (**Figura 17.6**), planta que tem chamado a atenção por seu uso na filtragem de água, mas que infelizmente tem trazido problemas aos cursos d'água pelo seu crescimento desenfreado que acaba impedindo a navegação.

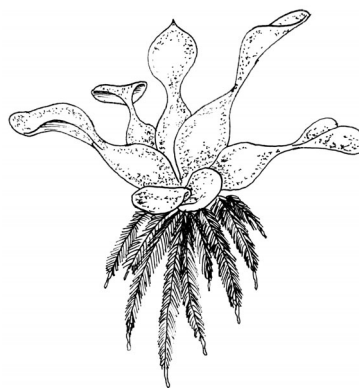


Figura 17.6: Planta aquática: aguapé.

Na **Figura 17.7** estão indicadas as partes constituintes das raízes. A COIFA ou CALIPTRA é a região terminal onde as células, sofrendo um contínuo processo de descamação e substituição, protegem o tecido meristemático (ver Aula 18) da região de crescimento contra o atrito e transpiração excessiva. As plantas aquáticas possuem uma coifa que protege o meristema contra os microorganismos abundantes na água.

Algumas podem apresentar uma coifa múltipla como a encontrada no aguapé. Assim, pode-se concluir que o crescimento da raiz é subterminal. Na REGIÃO de CRESCIMENTO ou MERISTEMÁTICA ocorre a multiplicação celular; isto é, por estar em constante ação proliferativa, novas células são acrescentadas à raiz. Já a REGIÃO LISA ou DE ALONGAMENTO promove o crescimento em altura da raiz, determinando o seu alongamento; na área de alongamento as divisões celulares são mais raras.

A REGIÃO PILÍFERA ou de ABSORÇÃO é a zona constituída por células epidérmicas que apresentam expansões tubulares para o exterior formando os pêlos absorventes. Tais pêlos aumentam a superfície de contato com o meio externo e a superfície de absorção das raízes; são eles os principais responsáveis pela captação da água e dos elementos químicos nela dissolvidos (a Aula 20 descreverá esse processo). A produção de outros pêlos absorventes ocorre logo após a região de alongamento; os novos pêlos radiculares são produzidos, aproximadamente, na mesma proporção que os mais velhos vão sendo eliminados na extremidade superior da região pilífera.

Na REGIÃO SUBEROSA ou DE RAMIFICAÇÃO encontramos as ramificações laterais das raízes de origem endógena. Na próxima aula trataremos disso com maior detalhe.

A região de transição entre a raiz e o caule é denominada COLO ou COLETO. Só é identificável através de cortes histológicos devido a modificações na distribuição dos tecidos vasculares, xilema e floema, que são alternados na raiz e reunidos em feixes no caule, ficando o xilema em posição interna e o floema voltado para a periferia (ver Aula 23).

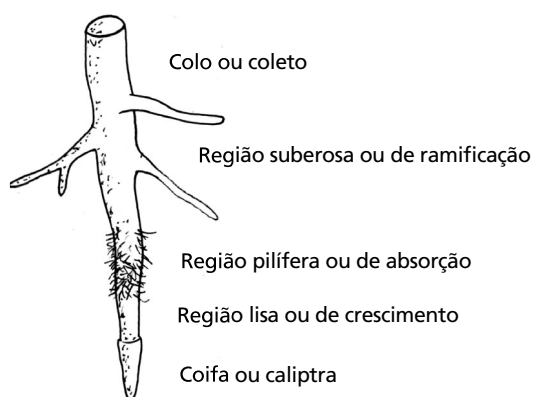


Figura 17.7: Partes constituintes da raiz.

Os tipos básicos

Existem dois tipos básicos de raiz:

- Axial ou pivotante: apresenta um eixo principal bem desenvolvido – a raiz primária – do qual partem ramificações secundárias, terciárias etc., que normalmente não ultrapassam em comprimento o eixo inicial (Figura 17.8). É comum nas Gimnospermas e nas Angiospermas Dicotiledôneas. São raízes que atingem muitas vezes grandes profundidades, como nas árvores de grande porte.

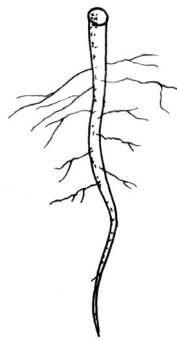


Figura 17.8: Raiz axial ou pivotante.

- Fasciculada ou em cabeleira: quando logo após a germinação, a raiz primária se atrofia e surgem outras várias que ultrapassam em crescimento a raiz inicial, formando um feixe de raízes com espessura semelhante (Figura 17.9). São típicas das Angiospermas Monocotiledôneas, ervas que não necessitam de um sistema radicular profundo. Um exemplo clássico de plantas com raízes fasciculadas são as gramíneas, plantas que, devido às características de suas raízes, agregam mais o solo superficial ocasionando menos erosão. São utilizadas em Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) em locais de encostas.

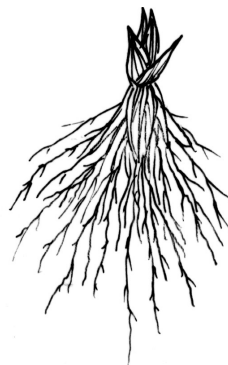


Figura 17.9: Raiz fasciculada ou em cabeleira.

CAULE

Características gerais

Você já viu na aula passada que as plantas vasculares sem sementes apresentam uma evolução quanto ao caule. Nesta aula, vamos observar que o caule das plantas com sementes se origina a partir do embrião e se diversifica bastante.

O caule dos Fanerógamos tem sua origem inicial na gêmula do caulículo (plúmula) do embrião e, posteriormente, sua formação ocorre pela atividade do meristema apical caulinar, conforme detalhado na Aula 23 (Sustentação e Organização Estrutural do Caule). Trata-se, portanto, de uma origem exógena, pois surge das gemas axilares do caule.

O caule é um órgão que comumente apresenta crescimento ascendente (geotropismo negativo) e contínuo. Geralmente é aéreo, aclorofilado e com fototropismo positivo. A presença de gemas (botões vegetativos) é uma característica importante que o diferencia das raízes. A gema terminal localiza-se no ápice do caule e a lateral nas axilas das folhas.

Sua função é, basicamente, a de dispor as folhas em posição favorável à iluminação e servir de meio de transporte para a seiva. Também exerce a função de reserva de amido e açúcar, daí sua importância na alimentação. O uso industrial está relacionado à extração da borracha, de resinas e de corantes. Sem dúvida, o maior interesse econômico encontra-se na madeira.

Partes constituintes

Na **Figura 17.10** estão indicadas as partes constituintes dos caules. São elas:

- Nó – ponto de inserção das folhas;
- Entrenó – região entre dois nós sucessivos;
- Gemas – conjunto de células meristemáticas que quando estimuladas originam e determinam o alongamento dos ramos e formam as folhas e flores;
- Colo ou coleto – corresponde à região de transição entre a raiz e o caule, já citado anteriormente.

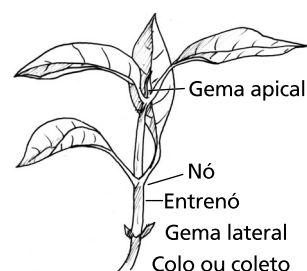


Figura 17.10: Partes constituintes do caule.

Tipos de consistência

Os caules podem ser HERBÁCEOS ou LENHOSOS. Os herbáceos são tenros, carnosos, suculentos e com pouca consistência; neles predomina o colênquima como tecido de sustentação, cujas paredes das células são ricas em celulose. Apresentam apenas crescimento primário. Já os caules lenhosos apresentam crescimento secundário e nele encontramos o esclerênquima associado ao xilema secundário como tecido de sustentação, cujas paredes celulares são ricas em lignina, e por isso são rígidos ou flexíveis e bastante consistentes. Na Aula 23 você terá a oportunidade de visualizar esses tecidos.

Tipos de porte

Quanto ao desenvolvimento do caule, as plantas podem ser classificadas em 5 tipos básicos:

- ERVAS são plantas pouco desenvolvidas e geralmente com caule herbáceo, podendo ser perenes, anuais ou bianuais.
- SUBARBUSTOS são plantas de até 1 metro de comprimento, cuja base do caule é lenhosa e os ramos tenros.
- ARBUSTOS atingem até cerca de 5 metros, em média; têm o caule ramificado desde a base, sendo lenhoso na parte inferior e tenro na parte superior da planta.
- ÁRVORES possuem tamanho superior a 5 metros, apresentando um tronco único na base e copa lenhosa.
- LIANAS são cipós trepadores que podem atingir muitos metros de comprimento. Veja mais adiante a classificação do caule desses diferentes tipos de porte.

Tipos de ramificação

Os caules que não possuem gemas laterais ou que não se desenvolvem, como as palmeiras ou a cana-de-açúcar, são denominados SIMPLES OU NÃO RAMIFICADOS. Na ramificação MONOPODIAL há um eixo principal com gema terminal persistente de onde partem ramificações laterais que não ultrapassam o comprimento desse eixo (ex.: casuarina). Já na ramificação SIMPODIAL ocorre uma parada de crescimento do eixo principal (gema terminal de curta duração), após a

formação de uma ramificação ou, então, é o próprio eixo que se ramifica (ex.: figueiras). (Veja, a seguir, a classificação do caule desses diferentes tipos de ramificação).

Tipos quanto ao hábito

Quanto à localização no meio ambiente, os caules podem ser AÉREOS, SUBTERRÂNEOS ou AQUÁTICOS. Estudaremos primeiro os caules aéreos; eles podem ser erguidos, rasteiros ou trepadores. Depois então veremos os tipos subterrâneos. Os caules aquáticos não possuem tipos específicos. As principais adaptações dos caules ao meio ambiente serão tratadas na Aula 24.

Aéreos erguidos

- HASTE: caule herbáceo, geralmente verde, característico de vegetais de pequeno porte – as ervas (ex.: maria-sem-vergonha).
- TRONCO: é um caule lenhoso e ramificado. Geralmente ocorre em vegetais de médio (arbustos) e grande porte (árvores).
- COLMO: caule cilíndrico que apresenta nós e entrenós bem evidenciados, geralmente com ramificação simples ou monopodial. O colmo é denominado *fistuloso* quando os entrenós são ocos, como no bambu (Figura 17.11); é *cálamo* quando os entrenós são cheios, como na cana-de-açúcar.

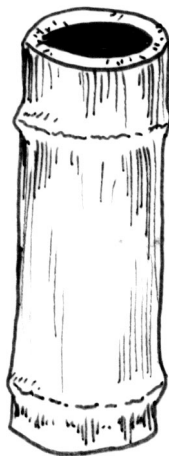


Figura 17.11: Caule aéreo erguido do tipo colmo fistuloso.

Botânica I | Níveis de organização da parte vegetativa das plantas vasculares com sementes (Gimnospermas e Angiospermas)

- **ESTIPE:** é um caule cilíndrico, geralmente não ramificado, com entrenós curtos e folhas localizadas no ápice (**Figura 17.12**). É típico das Monocotiledôneas (palmeiras), ocorrendo raramente nas Dicotiledôneas (ex.: mamoeiro, imbaúba).



Figura 17.12: Caule aéreo erguido do tipo estipe.

- **ESCAPO:** freqüente nas plantas com caule subterrâneo (bulbos, rizomas etc.) e folhas basilares. É um caule florífero próprio das plantas que, numa etapa de seu ciclo vegetativo, não possuem caule aéreo até a floração; com a floração surge então o escapo. Ele não apresenta ramificação, é áfilo, isto é, não tem folhas, e sustenta flores na extremidade (**Figura 17.13**). É característico das Monocotiledôneas, mas também ocorre em Dicotiledôneas, como na falsa tiririca e nas margaridas.



Figura 17.13: Caule aéreo erguido do tipo escapo de Monocotiledôneas.

- **CLADÓDIO:** clorofilado, áfilo ou com folhas rudimentares ou ainda transformadas em espinhos. Os cladódios podem apresentar-se suculentos e dilatados, ricos em reservas nutritivas e água (ex.: cacto). Quando achatados e laminares, são denominados Filocládios, como na carqueja (**Figura 17.14**). Para mais detalhes, veja a aula de Adaptações de Caules (Aula 24).



Figura 17.14: Caule aéreo erguido do tipo filocládio.

Aéreos rasteiros

- **RADICANTE OU ESTOLÃO:** desenvolve-se paralelamente à superfície do solo, enraizando-se espaçadamente através de raízes adventícias, o que viabiliza a multiplicação vegetativa (ex.: morangueiro) (**Figura 17.15**).



Figura 17.15: Caule aéreo rasteiro do tipo radicante ou estolão.

- **PROSTRADO:** cresce paralelamente à superfície do solo, mas não desenvolve raízes adventícias (ex.: melancia).

Aéreos trepadores

• TREPADOR: quando a planta possui estrutura de fixação ao substrato, como gavinhas do maracujá e do chuchu (Figura 17.16), raízes grampiformes da hera (adaptação de raiz que será abordada na Aula 19) e espinhos do buganvília (adaptação caulinar tratada na Aula 10). A gavinha é um órgão resultante de modificação foliar (vejam Aula 30), geralmente filiforme, simples ou ramificado, às vezes com grampos ou discos adesivos nas extremidades.

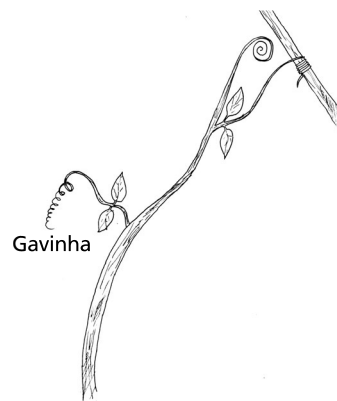


Figura 17.16: Caule aéreo trepador com gavinha.

• VOLÚVEL: não apresenta órgão de fixação, apenas se enrola no suporte, como nas ipoméias. Quando se enrola da esquerda para a direita é denominado *dextrógiro*; quando da direita para a esquerda, *sinistrógiro* (Figura 17.17).



Figura 17.17: Caule aéreo trepador do tipo volúvel sinistrógiro.

- **LIANA OU CIPÓ:** cresce apoiando-se no substrato, emaranhando-se com ele (**Figura 17.18**). Não possui órgão de fixação (ex.: cipó-de-são-joão).



Figura 17.18: Caule aéreo trepador do tipo liana ou cipó.

Subterrâneos

- **RIZOMA:** desenvolve-se paralelo à superfície, emitindo raízes adventícias e folhas (ex.: Pteridófitas, bananeira, bambu) (**Figura 17.19**).



Figura 17.19: Caule subterrâneo do tipo rizoma.

- **TUBÉRCULO:** é hipertrofiado pelo acúmulo de substâncias nutritivas (ex.: batata-inglesa). Não confundir com a batata-doce, pois ela não é um caule tubérculo e sim uma raiz tuberosa. Veja tuberização em Adaptações de Raízes (Aula 19).

- **BULBO:** é constituído por folhas modificadas, os catáfilos, que se fixam a um receptáculo, o disco ou prato, no qual está inserida a gema. Os bulbos podem ser:

- *tunicados*, quando os catáfilos externos recobrem totalmente os mais internos (ex.: cebola);
- *escamosos*, quando os catáfilos mais externos recobrem parcialmente os mais internos (ex.: *Hypeastrum*, **Figura 17.20**);
- *compactos*, quando apresentam o disco bem desenvolvido, ao contrário dos tipos anteriores, sendo os catáfilos reduzidos a escamas (ex.: falsa-tiririca).

O bulbo também pode ser composto, e é denominado bulbilho, quando apresenta vários pequenos bulbos (ex.: alho). O xilopódio é um caule subterrâneo semelhante ao tubérculo e será tratado na aula sobre Adaptações de Caules (Aula 24).



Figura 17.20: Caule subterrâneo do tipo bulbo escamoso.

FOLHA

Características gerais

Apêndice lateral do caule, a folha é uma expansão laminar muito variável em estrutura e função. Origina-se inicialmente na gêmula do embrião da semente: origem endógena; posteriormente, porém, ocorre nas gemas do caule, caracterizando uma origem exógena. Sua cor geralmente é verde, fornecida pela clorofila, e possui nervuras responsáveis pelo transporte da seiva. Tem crescimento limitado, organização, dimensões e formas variadas. A presença dos estômatos, poros microscópicos que você estudará em detalhes nas próximas aulas, permitem a circulação de ar e a eliminação de vapor d'água.

A folha é responsável pela fotossíntese, pela distribuição de alimentos, pela respiração e transpiração, podendo também, em alguns casos, realizar a sudação. Como principal órgão fotossintético das plantas vasculares, a folha exibe estrutura anatômica que facilita os processos fisiológicos. A especialização de tecidos da folha está relacionada com a troca gasosa, com a absorção de luz, a prevenção contra perda de água, o transporte de água e a produção de carboidratos.

A morfologia da folha é determinada geneticamente, mas pode ser modificada ao adaptar-se a certas condições ambientais exercendo funções especiais, tais como reserva, proteção, reprodução, fixação. Na Aula 30, você verá com detalhes as principais adaptações foliares.

Partes constituintes e tipos relacionados

Em relação à morfologia externa, as folhas podem ser classificadas quanto à constituição em: completas, pecioladas, invaginantes e sésseis.

A folha **COMPLETA** apresenta limbo, pecíolo e bainha (Monocotiledôneas) (**Figura 17.21**) ou estípula (Dicotiledôneas) (**Figura 17.22**):

- Limbo – é a parte laminar da folha; os vasos condutores de seiva que se ramificam nele constituem as nervuras.
- Pecíolo – é geralmente cilíndrico; é o eixo de sustentação do limbo. Quando exibe uma seção laminar é denominado pecíolo alado (ex.: laranjeira).

Botânica I | Níveis de organização da parte vegetativa das plantas vasculares com sementes (Gimnospermas e Angiospermas)

- **Bainha** – é uma dilatação da base da folha que envolve o caule, servindo para sua melhor fixação. Pode ser aberta ou fendida, quando envolve o caule parcialmente, sem que seus bordos se soldem (ex.: gramináceas); fechada ou inteira, quando envolve totalmente o caule e seus bordos se soldam (ex.: bananeira, trapoeraba).

- **Estípula** – é um apêndice localizado na base da folha que protege a gema; pode ser perene (espécies da família das Rubiáceas, café) ou caduca (ex.: alguns hibiscos).



Figura 17.21: Folha completa com bainha.



Figura 17.22: Folha completa com estípula.

A folha **PECIOLADA** (**Figura 17.23**) possui limbo e pecíolo, sendo desprovida de bainha; é o tipo mais comum na natureza, sendo predominante no grupo das Dicotiledôneas.



Figura 17.23: Folha peciolada.

Já a folha INVAGINANTE (Figura 17.24) caracteriza-se pela presença do limbo e da bainha, faltando o pecíolo; é típica das Monocotiledôneas (ex.: bananeira, cujas bainhas formam um pseudocaule).

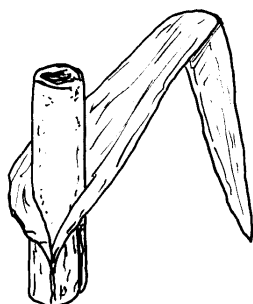


Figura 17.24: Folha invaginante.

A folha SÉSSIL (Figura 17.25) possui somente o limbo (ex.: espada-de-são-jorge). O limbo pode se prender ao caule, abraçando o ramo parcialmente (amplexicaule: ex.: serralha) ou totalmente (perfoliada: ex.: centeio).

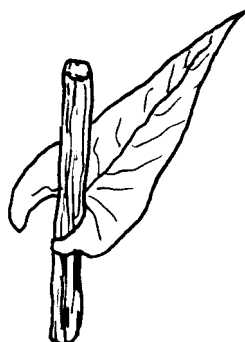


Figura 17.25: Folha séssil.

Tipos de composição e filotaxia

Existem diversos critérios para a caracterização da morfologia externa das folhas, entre os quais a COMPOSIÇÃO e a FILOTAXIA merecem destaque especial pela sua importância na taxonomia das plantas com relação à família botânica. A composição trata da subdivisão do limbo e a filotaxia cuida da disposição das folhas no caule.

NASTIA: movimento de curvatura das plantas (ou de partes vegetais), provocado por um estímulo de caráter externo, que é difuso.

As folhas são denominadas SIMPLES quando o limbo apresenta-se inteiro ou recortado, mas não subdividido. Quando está subdividido em segmentos totalmente individualizados, os chamados folíolos, são caracterizadas como folhas COMPOSTAS; os folíolos se articulam a um pecíolo comum. Algumas folhas compostas possuem na base do pecíolo uma dilatação denominada pulvínulo, que aumenta a flexibilidade da folha e contribui para os **MOVIMENTOS NÁSTICOS**. Você se lembra da erva dormideira ou sensitiva, comum em pastos? Quando tocada, ela fecha seus folíolos rapidamente.

Principais tipos de recorte foliar em folhas simples

- **LOBADO:** possui reentrâncias que não atingem a metade do limbo (ex.: bico-de-papagaio).
- **FENDIDO:** os recortes do limbo atingem a sua metade (ex.: cinamomo).
- **PARTIDO:** a divisão do limbo ultrapassa sua metade, sem chegar à nervura central (ex.: flor-de-maio).
- **SECTO:** a divisão do limbo alcança a nervura central, mas não individualiza os elementos do limbo (ex.: picão). Cuidado para não confundir uma folha sectada com uma folha composta. Lembre-se de que nas folhas compostas os segmentos foliares estão totalmente separados entre si e são facilmente destacáveis.

Principais tipos de folha composta

- **UNIFOLIOLADA (Figura 17.26):** quando possui somente um segmento de limbo e ele é articulado com o pecíolo (ex.: guizo-de-cascavel).

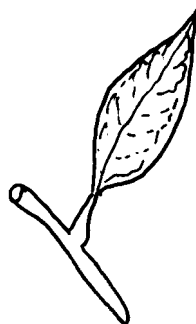


Figura 17.26: Folha composta unifoliolada.

- BIFOLIOLADA (Figura 17.27): com dois folíolos, sendo que podem estar unidos (unha-de-vaca) ou não (fava).

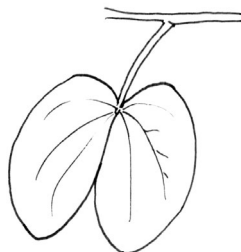


Figura 17.27: Folha composta bifoliolada.

- TRIFOLIOLADA (Figura 17.28): apresenta três folíolos articulados a um pecíolo comum (Ex.: sombreiro).

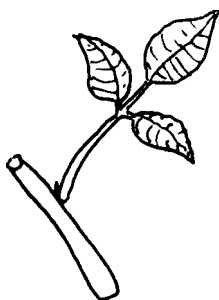


Figura 17.28: Folha composta trifoliolada.

- DIGITADA (Figura 17.29): seus folíolos estão dispostos no ápice do pecíolo comum, lembrando a palma da mão (Ex.: paquira-aquática).

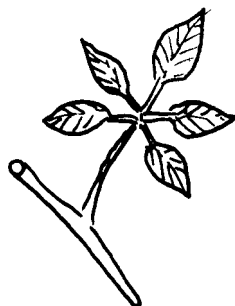


Figura 17.29: Folha composta digitada.

Botânica I | Níveis de organização da parte vegetativa das plantas vasculares com sementes (Gimnospermas e Angiospermas)

- **PENADA:** apresenta vários folíolos distribuídos ao longo de uma raque que, por analogia, corresponde à nervura central de uma folha simples, como já foi visto na aula passada em Pteridófitas. Quando termina somente com um folíolo, recebe o nome de imparipenada (ex.: espatódea); finaliza-se com dois folíolos, é chamada paripenada (ex.: cássia) (**Figura 17.30**). Cuidado, muitas vezes é difícil distinguir um ramo com folhas simples de outro com uma folha penada. Que estrutura deverá ter obrigatoriamente num caule e que não encontraremos na raque de uma folha penada? Se não souber responder, releia o item Partes Constituintes do Caule.



Figura 17.30: Folha composta paripenada.

- **BICOMPOSTA** ou **RECOMPOSTA** (**Figura 17.31**): quando o pecíolo comum apresenta-se subdividido (ex.: flamboyant).

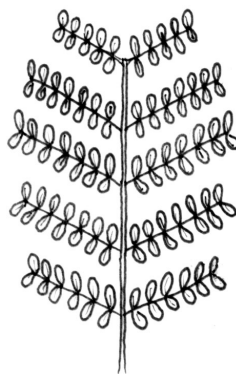


Figura 17.31: Folha bicomposta ou recomposta.

Tipos de filotaxia

- **ALTERNA:** quando em cada nó se insere uma folha. Se as folhas estão dispostas em um único plano, a filotaxia é **ALTERNA DÍSTICA** (ex.: unha-de-vaca) (**Figura 17.32**). Quando a inserção se dá em vários planos ao longo do caule, ela é chamada **ALTERNA ESPIRALADA** (ex.: ipê) (**Figura 17.33**); esse é o tipo mais comum.

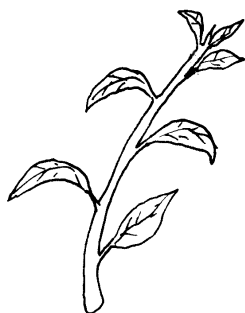


Figura 17.32: Filotaxia alternada dística.



Figura 17.33: Filotaxia alternada espiralada.

- **OPOSTA:** quando de um mesmo nó partem duas folhas em sentidos opostos. Se as folhas se dispõem em um único plano, a filotaxia é **OPOSTA DÍSTICA** (ex.: cabeludinha) (**Figura 17.34**); mas se ocorre em planos cruzados, caracteriza-se como **OPOSTA CRUZADA** (ex.: quaresma) (**Figura 17.35**).



Figura 17.34: Filotaxia oposta dística.



Figura 17.35: Filotaxia oposta cruzada.

Botânica I | Níveis de organização da parte vegetativa das plantas vasculares com sementes (Gimnospermas e Angiospermas)

- VERTICILADA (Figura 17.36): ocorre quando três ou mais folhas se inserem em todo o contorno do nó caulinar, ou seja, se inserem em diferentes pontos do nó (ex.: espírradeira).



Figura 17.36: Filotaxia verticilada.

- FASCICULADA (Figura 17.37): quando as folhas partem de um mesmo ponto do nó (ex.: *Pinus*).



Figura 17.37: Filotaxia fasciculada.

- ROSULADA (Figura 17.38): quando as folhas apresentam disposição alterna espiralada, mas o caule possui entrenós muito curtos (ex.: alface).

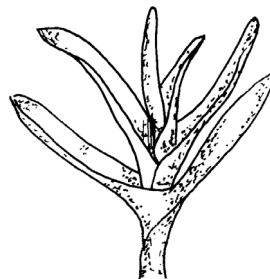


Figura 17.38: Filotaxia rosulada.

Nervação

O padrão mais comum de nervação é o da folha PENINÉRVEA, que apresenta uma nervura principal de onde partem várias laterais ou secundárias de ambos os lados, em forma de pena (ex.: goiabeira).

A folha PALMINÉRVEA possui várias nervuras principais (3 ou mais), partindo ou divergindo da base e afastando-se gradativamente em direção às margens e ao ápice (ex.: hibisco).

O tipo PARALELINÉRVEA caracteriza-se pela presença de várias nervuras paralelas retilíneas (ex.: capim-colonião).

Já a folha CURVINÉRVEA é aquela com nervuras paralelas ao longo do eixo longitudinal, em geral pouco numerosas, nitidamente curvas; ocorre com frequência em espécies da família Melastomataceae (quaresmas).

Cabe lembrar aqui que o sistema de condução é mais evidente na face inferior das folhas, portanto não deixem de utilizar esse recurso na análise da nervação foliar.

Diferenças entre Monocotiledôneas e Dicotiledôneas

Como vimos, a morfologia da raiz, do caule e das folhas é muito variada e, em função dessa diversificação, os sistemas de classificação das Angiospermas se baseiam nela. A divisão das Angiospermas em duas classes – Dicotiledônea e Monocotiledônea – inclui também aspectos reprodutivos, que serão tratados na disciplina Botânica II.

Principais caracteres vegetativos diferenciais entre as classes de Angiospermae:

	Dicotyledoneae	Monocotyledoneae
RAIZ	axial	fasciculada
CAULE	haste ou tronco	estipe, colmo, rizoma e bulbo
FOLHAS	comprimento longitudinal proporcional ao transversal simples ou compostas pecioladas ou sésseis nervuras reticuladas	comprimento longitudinal maior que o transversal simples completas ou invaginantes nervuras paralelas

RESUMO

Nesta aula você conheceu alguns aspectos da morfologia externa dos órgãos vegetativos – raiz, caule e folhas – das plantas vasculares com sementes. Lembre-se de que existem muitas outras classificações e que nós aqui só colocamos o essencial. Vimos, também, a diferenciação desses órgãos nos diferentes grupos de Fanerógamos, especialmente nas Angiospermas Dicotiledôneas e Monocotiledôneas.

EXERCÍCIOS

1. Uma palmeira e uma mangueira foram atingidas em suas copas por descargas elétricas fortes, durante uma tempestade de verão. Após algum tempo, verificou-se que os ramos destruídos da mangueira se recuperaram, recompondo a frondosa copa, enquanto a palmeira morreu. Agora que você já conhece o tipo de caule dessas plantas, explique, botanicamente, como isso ocorreu.
2. O desmatamento ocasiona processos de erosão do solo (solo desnudo). Explique o papel das raízes de Monocotiledôneas na contenção de encostas.
3. Sabendo agora como é o caule das bananeiras, como você faria o controle da invasão em ecossistemas nativos, tão comum em nossas encostas?
4. Qual a correspondência organográfica das partes comestíveis dos seguintes vegetais:
a) batata-inglesa b) batata-doce c) cebola d) alho e) bambu f) cana-de-açúcar
5. Diferencie um ramo (caule) com folhas simples de uma folha composta penada.

INFORMAÇÕES SOBRE AS PRÓXIMAS AULAS

Em aulas subseqüentes, você estudará as adaptações ao meio ambiente dos órgãos vegetativos das Angiospermas (Raiz: Aula 19; Caule: Aula 24 e Folha: Aula 30).

Posteriormente, você terá oportunidade de vivenciar na prática os conceitos importantes na classificação morfológica desses órgãos e também de algumas adaptações existentes. É visualizando e manuseando as plantas que os conceitos teóricos serão mais bem fixados (Raiz: Aula 25; Caule: Aula 26; Folha: Aulas 31 e 32).

Também conhecerão a morfologia interna dos órgãos vegetativos das Fanerógamas, ou seja, sua organização estrutural (Raiz: Aula 18; Caule: Aula 23 e Folha: Aula 27) e os aspectos fisiológicos importantes inerentes a eles (Absorção de Água: Aula 20; Translocação de Solutos Orgânicos: Aula 21; Nutrição Vegetal: Aula 22; Fotossíntese: Aula 28 e Transpiração: Aula 29).

Aproveitem!

NOME CIENTÍFICO DAS PLANTAS CITADAS

NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	FAMÍLIA
aguapé	<i>Eichhomia crassipes</i> Solms	Pontederiaceae
alface	<i>Lactuca sativa</i> L.	Asteraceae
alho	<i>Allium sativum</i> L.	Liliaceae
araucária	<i>Araucaria</i> sp.	Araucariaceae
bambu	<i>Bambusa</i> sp.	Poaceae
bananeira	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Musaceae
baobá	<i>Ceiba</i> sp.	Bombacaceae
batata-doce	<i>Ipomoea batatas</i> Lam.	Convolvulaceae
batata-inglesa	<i>Solanum tuberosum</i> L.	Solanaceae
begônia	<i>Begonia</i> sp.	Begoniaceae
bico-de-papagaio	<i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. ex Klotzsch.	Euphorbiaceae
buganvília	<i>Bougainvillea spectabilis</i> Willd.	Nictaginaceae
cabeludinha	<i>Eugenia</i> sp.	Myrtaceae
cacto	<i>Opuntia</i> sp.	Cactaceae
cana-de-açúcar	<i>Saccharum officinarum</i> L.	Poaceae
capim-colonião	<i>Panicum maximum</i> Jacq.	Poaceae
carqueja	<i>Baccharis</i> sp.	Asteraceae
cássia	<i>Senna</i> sp.	Fabaceae
casuarina	<i>Casuarina</i> sp.	Casuarinaceae
cebola	<i>Alium cepa</i> L.	Liliaceae
centeio	<i>Secale cereale</i> L.	Poaceae
cenoura	<i>Dalcus carota</i> L.	Apiaceae
chuchu	<i>Sechium</i> sp.	Cucurbitaceae
cinamomo	<i>Melia azedarach</i> L.	Meliaceae
cipó-de-são-joão	<i>Pyrostegia venusta</i> Miers	Bignoniaceae

cipreste	<i>Cupressus sp.</i>	Cupressaceae
<i>Coleus</i>	<i>Coleus sp.</i>	Labiatae
comigo-ninguém-pode	<i>Dieffenbachia picta</i> Schott.	Araceae
<i>Cycas</i>	<i>Cycas revoluta</i> Thunb.	Cycadaceae
dormideira ou sensitiva	<i>Mimosa pudica</i> L.	Fabaceae
dracena	<i>Dracaena sp.</i>	Agavaceae
espada-de-são-jorge	<i>Sansevieria thyrsoiflora</i> Thumb.	Agavaceae
espatódea	<i>Spathodea campanulata</i> Beauv.	Fabaceae
espirradeira	<i>Nerium oleander</i> L.	Apocynaceae
falsa-tiririca	<i>Hypoxis decumbens</i> L.	Hypoxidaceae
feijão	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Leguminosae
figueira	<i>Ficus sp.</i>	Moraceae
flamboyant	<i>Delonix regia</i> Rafin.	Fabaceae
flor-de-maio	<i>Montanoa pyramidala</i> Sch.Bip. ex C. Koch.	Cactaceae
folha-da-fortuna	<i>Kalanchoe sp.</i>	Crassulaceae
<i>Gnetum</i>	<i>Gnetum sp.</i>	Gnetaceae
goiabeira	<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae
guizo-de-cascavel	<i>Crotalaria sp.</i>	Fabaceae
hera	<i>Ficus sp.</i>	Moraceae
hibisco	<i>Hibiscus sp.</i>	Malvaceae
imbaúba	<i>Cecropia sp.</i>	Cecropiaceae
ipê	<i>Tabebuia sp.</i>	Bignoniaceae
ipoméia	<i>Ipomoea sp.</i>	Convolvulaceae
jaqueira	<i>Artocarpus integrifolia</i> Linn. f.	Moraceae
laranjeira	<i>Citrus aurantium</i> L.	Rutaceae
lentilha-d'água	<i>Lemna sp.</i>	Lemnaceae

Botânica I | Níveis de organização da parte vegetativa das plantas vasculares com sementes (Gimnospermas e Angiospermas)

lírio	<i>Lilium longiflorum</i> Thunb.	Liliaceae
mamoeiro	<i>Carica papaya</i> L.	Caricaceae
mangueira	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae
maracujá	<i>Passiflora</i> sp.	Passifloraceae
maria-sem-vergonha	<i>Impatiens</i> sp.	Balsaminaceae
melancia	<i>Citrullus</i> sp.	Cucurbiaceae
milho	<i>Zea mays</i> L.	Poaceae
morangueiro	<i>Fragaria vesca</i> L.	Rosaceae
paquira-aquática	<i>Pachira</i> sp.	Bombacaceae
picão	<i>Bidens pilosa</i> L.	Asteraceae
pinheiro-do-paraná	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	Araucariaceae
<i>Pinus</i>	<i>Pinus</i> sp.	Pinaceae
quaresma	<i>Tibouchina</i> sp.	Melastomataceae
roseira	<i>Rosa</i> sp.	Rosaceae
serralha ou pincel	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Asteraceae
sombreiro	<i>Clitoria fairshildiana</i> Howward	Fabaceae
sumaúma	<i>Adansonia</i> sp.	Bombacaceae
trapoeraba	<i>Zebrina</i> sp.	Commelinaceae
unha-de-vaca	<i>Bauhinia</i> sp.	Fabaceae
fava	<i>Vicia faba</i> L.	Fabaceae

Botânica I

Gabbarito

Aula 4

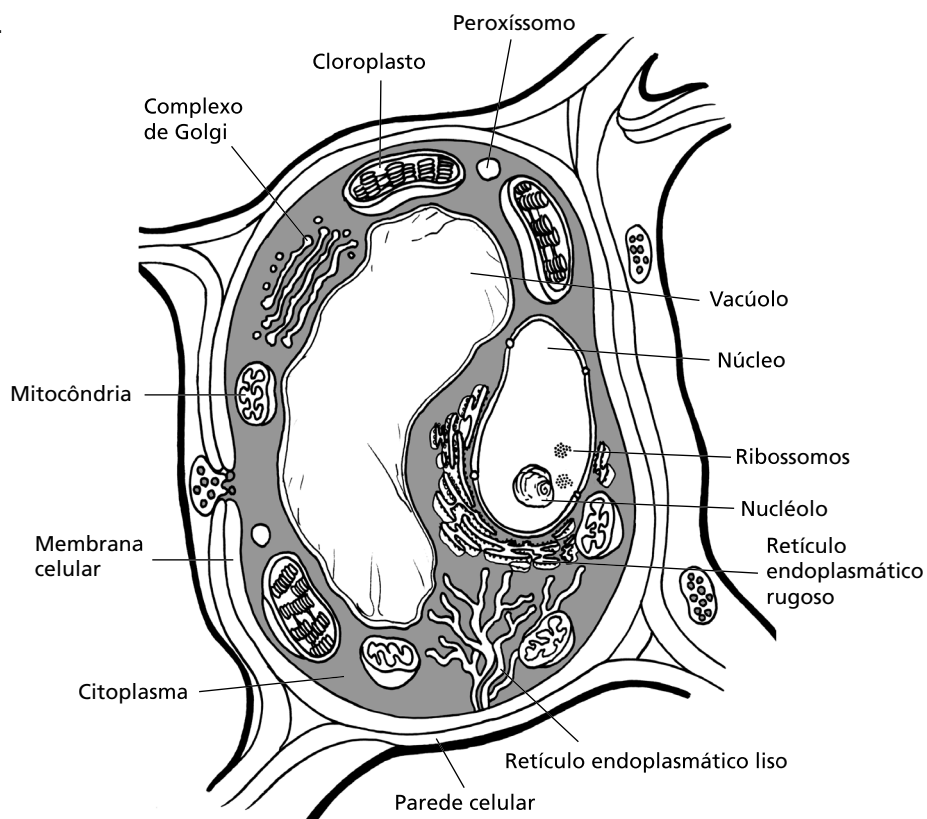
1. Os fungos se diferenciam em duas fases. Ao observarmos um pão embolorado sob uma lupa, veremos que ele é constituído por uma trama de filamentos entrelaçados – as hifas. Além dessas, também estaremos ingerindo esporos de origem assexuada (endógenos ou exógenos) produzidos por mitose. Já os cogumelos são estruturas formadas por hifas compactadas que surgem unicamente para produzir e liberar esporos de origem sexuada. A formação desses esporos é precedida de meiose.

2. As micorrizas são associações entre raízes de vegetais terrestres e algumas espécies de fungos. Veja comentário no item “Modo de vida dos fungos”.

3. Os Myxomycota, ou também chamados “fungos gosmentos”, não possuem hifas. Sua forma de obtenção de alimento (ex.: Myxomycetes) é através da fagocitose de pequenas partículas, como esporos, pólen, organismos diminutos. Já os Eumycota, também chamados “fungos verdadeiros”, possuem hifas capazes de liberar enzimas que digerem o alimento ainda no meio externo, e transportam para o interior da célula o produto da digestão.

Aula 5

1.



2. A parede celular é encontrada em todas as células vegetais. Quando ocorre o crescimento e desenvolvimento celular, a parede é delgada, o que permite que ela acompanhe o aumento do tamanho da célula. A organização da parede celular em polissacarídeos celulósicos e não-celulósicos com ligações fortemente covalentes confere grande resistência à célula. A parede celular também possui um grande número de enzimas que desempenham papéis importantes como absorção, transporte e secreção de substâncias.

3. São precursores de todos os tipos de plastídios encontrados na planta. Possui de 1-2µm de comprimento, apresentando formas circulares ou lobadas, com poucas membranas internas. Eles ocorrem em células meristemáticas e, durante o processo de crescimento e diferenciação das derivadas, sua população cresce e se desenvolve em diferentes tipos de acordo com os tecidos e órgãos da planta.

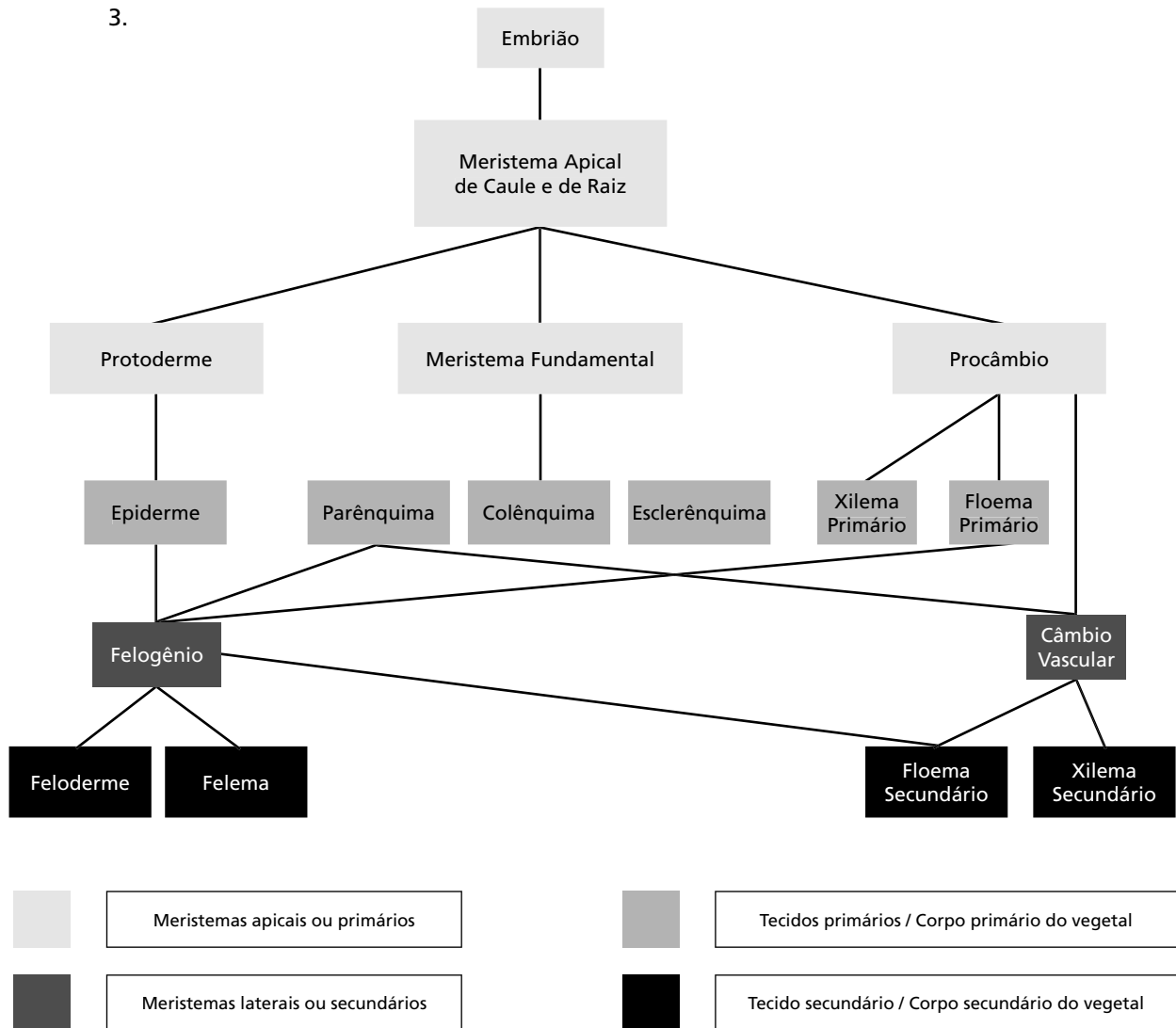
4. Os vacúolos possuem um importante papel na expansão celular e na manutenção e rigidez do tecido. Além disso, muitos vacúolos estão envolvidos na quebra de macromoléculas e na reciclagem de componentes no interior da célula.

Aula 6

1. Os meristemas apicais da raiz e do caule são responsáveis pelo crescimento em extensão ou longitudinal do vegetal, também denominado crescimento primário. Na porção terminal deles localiza-se o promeristema. A camada celular mais externa, que se divide preferencialmente no sentido anticlinal, é a protoderme; internamente, as células, logo abaixo da protoderme, que são vacuolizadas e menos densas, integram o meristema fundamental e aquelas menos vacuolizadas e mais densas integram o procâmbio. (Os esquemas são os das Figuras 6.1 e 6.2.)

2. Os meristemas são classificados quanto à origem em: primários – quando se originam de células embrionárias (promeristema); e em secundários – quando se originam de células já diferenciadas (câmbio e felogênio).

3.



Aula 7

1. Tanto a epiderme quanto a periderme são tecidos de revestimento da planta. A epiderme cobre o corpo vegetal de plantas herbáceas e a periderme substitui a epiderme em plantas que apresentam crescimento secundário, formando a casca.

2. Denominamos células especializadas da epiderme, por exemplo, as papilas e as células buliformes. As papilas são pequenas projeções das células epidérmicas. Essas projeções incluem a parede periclinal externa, a membrana cuticular e a cutícula propriamente dita; ocorrem freqüentemente na face abaxial das folhas. As células buliformes são células epidérmicas especializadas, apresentando-se maiores que as

demais; têm paredes finas que acumulam água e um grande vacúolo. Essas células estão presentes em folhas de muitas Monocotiledôneas; encontram-se envolvidas no enrolamento ou desenrolamento de folhas, seguindo a perda ou o ganho de água.

3. Essa parede representa o limite entre o ambiente e o ser vivo. As principais funções desempenhadas por ela e as células epidérmicas são a interrupção do movimento apoplástico, a proteção contra a intensa radiação e ao ataque de patógenos. Estes fatores estão associados à disponibilidade de água e às características do vegetal, que possibilitam em um ecossistema o estabelecimento de determinada espécie. As paredes periclinais externas possuem cutina e cera, além dos componentes comuns às paredes celulares; ou seja, além de celulose, hemicelulose, pectatos, glicoproteínas e cátions. Analisando essas paredes, do interior para o exterior, geralmente observam-se uma camada com porção rica em polissacarídeos, uma camada cutinizada, a cutícula propriamente dita e a cera epicuticular.

Aula 8

1. O parênquima apresenta a parede celular primária delgada composta por celulose, hemicelulose e substâncias pécticas. O colênquima caracteriza-se por possuir paredes celulares primárias, irregularmente espessadas com a mesma composição do parênquima, porém com maiores proporções de substâncias pécticas. O esclerênquima apresenta espessamento regular em suas paredes. A composição da parede secundária é de 18 a 35% de lignina, além dos compostos acima mencionados. Essa substância altera a natureza da parede secundária, ocorrendo polimerização ao acaso, e formando uma rede tridimensional ancorada nas microfibrilas de celulose, o que confere a rigidez encontrada nesse tecido.

2. Esse tecido pode ser classificado quanto a sua função em: parênquima fundamental, parênquima clorofiliano ou clorênquima, parênquima de reserva, e de transporte a curta distância; o parênquima fundamental tem função de preenchimento; o clorênquima é o tecido especializado na produção de fotoassimilados; o de reserva armazena substâncias do metabolismo da planta; o de transporte auxilia no transporte a curta distância.

3. Ambos têm a mesma função de sustentação, porém podem ser destacadas diferenças entre eles, como: o colênquima tem origem primária no tecido fundamental; já o esclerênquima pode também ter uma origem secundária pela formação de fibras através do câmbio; as células do colênquima apresentam paredes celulares primárias, com espessamento celulósico irregular, enquanto o esclerênquima possui parede celular secundária de espessamento regular, com depósitos de lignina; o colênquima tem normalmente localização periférica nos órgãos das plantas, enquanto o esclerênquima apresenta uma distribuição mais ampla. Em sua maturidade, o colênquima possui protoplasto vivo e o esclerênquima o possui morto.

4. Durante o crescimento da planta, a plasticidade da parede celular do colênquima é muito importante para que as células suportem o alongamento. Porém, atingindo a maturidade, a célula deve assumir uma forma definida e, nesse caso, a elasticidade da parede é mais relevante que a plasticidade; a elasticidade é encontrada no esclerênquima.

5. Podemos encontrar quatro tipos: o colênquima angular que é o mais comum encontrado. Nele, as paredes celulares apresentam maior espessamento no encontro de três ou mais células, o que é facilmente visualizado em corte transversal do tecido; o colênquima lacunar, tem o espessamento parietal mais pronunciado na porção voltada para os espaços intercelulares existentes; o colênquima lamelar é identificado por um espessamento nas paredes periclinais interna e externas das células; e o colênquima anular ou anelar é assim caracterizado por apresentar espessamentos parietais uniformes. Em corte transversal, observamos o espessamento da parede envolvendo toda a célula.

6. São encontrados basicamente dois tipos de células esclerenquimáticas quanto à forma: os esclereídes e as fibras. Os esclereídes apresentam células curtas, com paredes secundárias muito espessadas e lamelas concêntricas interrompidas por numerosas pontuações. As fibras são células esclerificadas longas, apresentando extremidades afiladas, lume celular reduzido e paredes secundárias espessas.

Aula 9

1. O protoxilema e metaxilema definem fases de desenvolvimento do xilema primário. Ambos são originados a partir do procâmbio, sendo que o protoxilema amadurece muito cedo no órgão vegetal, antes mesmo da fase de alongamento se completar. Por outro lado, o metaxilema só amadurece após o final da fase de alongamento e permanece ativo para o transporte durante toda a vida da planta, quando esta não apresenta crescimento secundário.

2. As células condutoras do xilema – elementos traqueais – possuem uma estrutura especializada que lhes permite transportar quantidades de água com grande eficiência. O reforço adicional da parede, constituído por lignina, confere maior resistência a essas células para que elas possam suportar as pressões negativas advindas do transporte de água na planta. O reforço adicional da parede é denominado espessamento e pode ser dos tipos: anelar, helicoidal ou espiralado, escalariforme, reticulado e pontoado.

3. Os elementos traqueais estão representados pelas traqueídes e pelos elementos de vaso. Ambos são células alongadas que possuem paredes lignificadas, com pontoações areoladas e desprovidas de protoplasto vivo na maturidade. A diferença principal entre os dois tipos celulares é que as traqueídes são imperfuradas, enquanto os elementos de vaso são perfurados, isto é, dotados de placas de perfuração nas paredes terminais. As traqueídes são típicas das Gimnospermas, ocorrendo também entre algumas famílias primitivas das Angiospermas. Já os elementos de vaso são característicos das Angiospermas e das ordens mais evoluídas das Gimnospermas.

4. O xilema secundário pode descrever os períodos favoráveis e desfavoráveis ao crescimento de uma planta lenhosa por dois motivos: (1) é um tecido que se autopreserva; ou seja, ele permanece como testemunho durante todo o período de vida da planta. (2) seu meristema formador – câmbio vascular – é diretamente influenciado pelos fatores ambientais, o que fica registrado nas diferentes camadas celulares – lenho inicial e lenho tardio – que indicam os períodos favoráveis e desfavoráveis ao crescimento – anéis de crescimento.

Aula 10

1. Os elementos crivados estão representados pelas células crivadas e pelos elementos de tubo crivado. Ambas são células alongadas e com protoplasto vivo durante a atividade de condução. As paredes são compostas basicamente por celulose e compostos pécticos. Uma das características mais significativas dos elementos crivados é que essas células, na fase adulta, sofrem a degeneração das membranas que envolvem o núcleo e de algumas organelas, como o vacúolo. A diferença principal entre os dois tipos de elementos é que as células crivadas apresentam apenas áreas crivadas em suas paredes, enquanto os elementos de tubo crivado, além das áreas crivadas, são dotados de placas crivadas em suas paredes terminais. As células crivadas são típicas das Gimnospermas, ocorrendo também entre algumas famílias primitivas das Angiospermas. Já os elementos de tubo crivado são característicos das Angiospermas e das ordens mais evoluídas das Gimnospermas.

2. As áreas crivadas compreendem sítios com inúmeras descontinuidades da parede celular – poros ou crivos. Os crivos podem ser interpretados como pontoações primárias modificadas, que aparecem em forma de depressões na parede celular. São atravessados por filamentos de conexão que diferem dos plasmodesmas, por serem muito mais espessos. Já as placas crivadas são áreas crivadas especializadas que se localizam nas paredes terminais dos elementos de tubo crivado. O diâmetro dos poros dessas placas é maior que o das áreas crivadas e os filamentos de conexão que atravessam esses poros também apresentam maior calibre. Uma placa pode conter apenas uma área crivada – placa crivada simples – ou várias nas paredes terminais – placa crivada composta.

3. A calose é um polissacarídeo que se deposita em torno dos filamentos de conexão, em resposta a danos sofridos ou ao final da fase ativa de condução de um elemento crivado. Esse polissacarídeo pode se depositar em tão altas concentrações, que acaba por acarretar a obstrução completa dos poros das áreas e das placas crivadas, formando um “calo”, e prevenindo a perda de assimilados. O processo de deposição de calose pode ser reversível e indicar um período de dormência da atividade metabólica.

4. As células companheiras destacam-se por sua intrínseca relação com os elementos de tubo crivado. Esses dois tipos de células se originam da mesma célula inicial, seja ela procambial ou cambial, estando, conseqüentemente, relacionadas ontogeneticamente. A interação fisiológica entre essas duas células pode ser medida pelas inúmeras pontoações que as mantêm em comunicação e pelo fato de as células companheiras manterem-se vivas durante todo o período funcional do elemento de tubo crivado ao qual estão relacionadas, implicando na morte simultânea de ambas. As células albuminosas ou de Strasburger apresentam intrínseca relação com as células crivadas; todavia, essas duas células não possuem relação ontogenética. Elas também apresentam uma interdependência fisiológica com as células crivadas, tendo a morte de uma implicação direta com a da outra.

Aula 12

1. A cor verde ou amarronzada existente na água do mar é devida a uma alta produção de organismos fitoplanctônicos, como, por exemplo, grande número de organismos fitoflagelados de cor verde e a cor amarronzada constituída por diatomáceas ou dinoflagelados. Essa alta produção acontece em decorrência da luz existente para a fotossíntese e da quantidade dos nutrientes disponíveis na água que são consumidos por esses organismos. Isso faz com que tal produção excessiva deixe rastros na areia da praia.

1. O caule da palmeira é o estipe, isto é, caule que geralmente não possui gemas laterais (ou se possui elas não se desenvolvem). Contrariamente, a mangueira tem o caule do tipo tronco (ramificado), com inúmeras gemas laterais que, após um corte, brotam e recompõem a planta.
2. As plantas com raízes fasciculadas, como por exemplo as gramíneas, agregam mais o solo superficial ocasionando menos erosão. São utilizadas em Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) em locais de encostas.
3. O conjunto das bainhas da folha invaginante da bananeira formam um pseudocaule. Na verdade, a bananeira possui caule subterrâneo do tipo rizoma. Assim, na erradicação de bananeiras em ecossistemas nativos, deverão ser retirados também os rizomas subterrâneos.
4.
 - a) A batata-inglesa é um caule subterrâneo do tipo tubérculo.
 - b) A batata-doce é uma raiz tuberosa.
 - c) A cebola é um caule subterrâneo do tipo bulbo tunicado.
 - b) O alho é um caule subterrâneo do tipo bulbo composto.
 - e) O bambu é um caule aéreo erguido do tipo colmo oco (fistuloso).
 - f) A cana-de-açúcar é um caule aéreo erguido do tipo colmo cheio (cálamo).
5. O caule deverá ter obrigatoriamente gemas, estrutura que não encontraremos na raque de uma folha penada.

Botânica I

Referências

Aula 1

MITTERMEIER, R.A.; GIL, P.R.; MITTERMEIER, C.G. *Megadiversity: Earth's Biologically Wealthiest Nations*. México, DF: CEMEX/Agrupación Sierra madre, 1997.

ROUGERIE, G. *Geografia das paisagens*. São Paulo: Difusão Européia do Livro, 1971.

Aula 2

ALEXOPOULOS, C.J.; MIMS, C.W. *Introductory Mycology*. 3.ed. New York: John Wiley & Sons, 1979. 632p.

CARLILE, M.; WATKINSON, S. *The Fungi*. San Diego: Academic Press, 1996. 482p.

FIDALGO, O.; BONONI, V.L. *Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico*. São Paulo: Instituto de Botânica de São Paulo, 1989. 62p.

HAWKSWORTH, D.L.; SUTTON, B.C.; AINSWORTH, G.C. *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi (including the Lichens)*. 7.ed. Kew: Commonwealth Mycological Institute, 1983. 412p.

HERRERA, T.; ULLOA, M. *El Reino de los Hongos: micología básica y aplicada*. México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México e Fondo de Cultura Económica, 1990. 552p.

MOORE-LANDECKER, E. *Fundamentals of the Fungi*. 4.ed. New Jersey: Prentice Hall, 1996. 574p.

PUTZKE, J.; PUTZKE, M.T.L. *Os Reinos dos Fungos*. Santa Cruz do Sul: Edunisc, 1998. v. 1. 606p.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EECHHORN, S.E. *Biologia Vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992. 728p.

SCAGEL, R.W. et al. *El Reino Vegetal*. 2.ed. Barcelona: Ed. Omega, 1987. 778p.

SILVEIRA, V.D. *Micologia*. 5.ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 1995. 332p.

WHITTAKER, R.H. New Concepts of Kingdoms of Organisms. *Science*, New York, v. 163, p. 150-161, 1969.

ALEXOPOULOS, C.J. Mims, C.W. *Introductory Mycology*. 3.ed. New York: John Wiley & Sons, 1979. 632p.

CARLILE, M. Watkinson, S. *The Fungi*. Avon: Academic Press, 1996. 482p.

FIDALGO, O.; BONONI, V.L. *Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico*. São Paulo: Instituto de Botânica de São Paulo, 1989. 62p.

HAWKSWORTH, D.L.; SUTTON, B.C.; AINSWORTH, G.C. 1983. *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi (including the Lichens)*. Institute Kew Surrey 7.ed. Commonwealth Mycological Institute Kew Surrey 412p.

HERRERA, T.; ULLOA, M. *El Reino de los Hongos – Micología básica y aplicada*. México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México e Fondo de Cultura Económica, 1990. 552p.

MOORE-LANDECKER, E. *Fundamentals of the Fungi*. 4.ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1996. 574p.

PUTZKE, J. ; PUTZKE, M.T.L. *Os Reinos dos Fungos*. Santa Cruz do Sul: Edunisc, 1998. 606p. v. 1.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. *Biologia Vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara: Koogan, 1992. 728p.

SCAGEL, R.W. *El Reino Vegetal*. 2.ed. Barcelona: Ed. Omega, , 1987. 778p.

SILVEIRA, V.D. *Micologia*. 5.ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 1995. 332p.

WHITTAKER, R.H. New Concepts of Kingdoms of Organisms. *Science*, New York, v. 163, p. 150-161, 1969.

APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. *Anatomia Vegetal*. Viçosa: Ed. UFV, 2003.

BERG, L.R. *Introductory Botany: plants, people, and the environment*. New York: Saunders, 1997. 1466p.

FAHN, A., 1990. *Plant Anatomy*. London: Academic Press, 588p.

MAUSETH J.D. *Plant Anatomy*. California, the Benjamin/Cummings Publishing Company, 1988. 560 p.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S. E. *Biologia Vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

Aula 6

FAHN, A. *Anatomia Vegetal*. Madrid: H. Blume Ediciones, 1974.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S. E. *Biologia Vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

Aula 7

APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. *Anatomia Vegetal*. Viçosa: UFV Editora, 2003.

BERG, L.R. *Introductory Botany: plants, people, and the environment*. New York: Saunders, 1997. 466p.

ESAU, K. *Anatomia vegetal*. 3.ed. Barcelona: Edições Omega, 1985. 780p.

FAHN, A. *Plant Anatomy*. London: Academic Press, 1990. 588p.

MAUSETH J.D. *Plant Anatomy*. California: Benjamin/Cummings Publishing Company, 1988. 560 p.

NULTSCH, W. *Botânica Geral*. 10.ed. rev. atual. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000. 489p.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. *Biologia Vegetal*. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 906p.

Aula 8

APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M. *Anatomia Vegetal*. Viçosa: UFV Editora, 2003.

ESAU, K. *Anatomia vegetal*. 3.ed. Barcelona: Edições Omega, 1985. 780p.

FAHN, A. *Plant Anatomy*. London: Academic Press, 1990. 588p.

MAUSETH J.D. *Plant Anatomy*. California: Benjamin/Cummings Publishing Company, 1988. 560 p.

NULTSCH, W. *Botânica Geral*. 10.ed. rev. atual. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000. 489p.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. *Biologia Vegetal*. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 906.

Aula 9

BERG, L. R. 1997. *Introductory Botany*. New York: Saunders College Publishing.

FAHN, A. 1974. *Anatomia Vegetal*. Madrid, H. Blume Ediciones.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. *Biologia Vegetal*. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 906.

Aula 10

SAJO, M.G.; CASTRO, N.M. de. Caule. In: APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. *Anatomia Vegetal*. Viçosa: UFV Editora, 2003. p. 283– 302.

Aula 11

SAJO, M.G.; CASTRO, N.M. de. Caule. In: APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. *Anatomia Vegetal*. Viçosa: UFV Editora, 2003. p. 283– 302.

Serviço gráfico realizado em parceria com a Fundação Santa Cabrini por intermédio do gerenciamento laborativo e educacional da mão-de-obra de apenados do sistema prisional do Estado do Rio de Janeiro.



Maiores informações: www.santacabrini.rj.gov.br

ISBN 85-7648-039-5



9 788576 480396



UENF
Universidade Estadual
do Norte Fluminense



Universidade Federal Fluminense



**FUNDAÇÃO
SANTA CABRINI**
Provedora de acesso à Cidadania



Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo
à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro



**GOVERNO DO
Rio de Janeiro**

SECRETARIA DE
CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Ministério
da Educação

