

# **Biologia 5**

## **Botânica**



# **Pré-Vestibular**

## **Teoria e Exercícios Propostos**



[www.editora.coc.com.br](http://www.editora.coc.com.br)

Editora COC – Empreendimentos Culturais Ltda.  
Rua General Celso de Mello Rezende, 301  
Tel.: (16) 3603.9700 – CEP 14095-270  
Lagoinha – Ribeirão Preto – SP





## Capítulo 01. Microbiologia

1. Vírus .....	9
1.1. Organização .....	9
1.2. Reprodução .....	10
1.3. Aids .....	11
1.4. Outras Viroses .....	12
2. Organismos Procariontes .....	13
2.1. Organização das Bactérias .....	13
2.2. Estrutura Bacteriana .....	13
2.3. Ambiente .....	14
2.4. Nutrição e Liberação de Energia .....	14
2.5. Reprodução das Bactérias .....	15
2.6. Cianobactérias .....	15
2.7. Importância .....	16
3. Fungos .....	17
3.1. Representantes .....	17
3.2. Características .....	18
3.3. Importância .....	19
4. Algas .....	20
4.1. Representantes .....	20
4.2. Características .....	21
4.3. Nutrição e Ambiente .....	21
4.4. Importância .....	22
4.5. Classificação .....	22

## Capítulo 02. Plantas sem Flores

1. Ciclos Reprodutivos .....	24
1.1. Reprodução Sexuada .....	24
1.2. Ciclo dos Organismos Diplóides .....	24
1.3. Ciclo com Metagênese .....	25
2. Briófitas .....	26
2.1. Representantes .....	26
2.2. Características .....	26
2.3. Reprodução .....	26
3. Pteridófitas .....	28
3.1. Introdução às Traqueófitas .....	28
3.2. Representantes e Características .....	28
3.3. Reprodução .....	29
4. Gimnospermas .....	31
4.1. Representantes .....	31
4.2. Características Gerais .....	32
4.3. Ciclo Reprodutivo .....	33

## Capítulo 03. Angiospermas

1. Flor .....	35
1.1. Partes .....	35
1.2. Flor e Reprodução .....	36
2. Gametófito Masculino .....	37
3. Polinização .....	38
3.1. Definição .....	38
3.2. Polinização Cruzada .....	38
3.3. Polinização por Animais .....	38
3.4. Polinização pelo Vento .....	39
4. Gametófito Feminino .....	39
5. Fecundação .....	40
6. Ciclo de Vida .....	40
7. Semente .....	41
8. Classificação das Angiospermas .....	43
8.1. Monocotiledôneas .....	43
8.2. Dicotiledôneas .....	43
9. Fruto .....	44
9.1. Origem .....	44
9.2. Funções .....	44
9.3. Particularidades .....	44

## Capítulo 04. Tecidos vegetais

1. Tipos .....	47
1.1. Tecidos Meristemáticos ou Meristemas .....	47
1.2. Tecidos Permanentes .....	47
2. Meristemas .....	48
3. Tipos de Meristemas .....	50
3.1. Meristemas Primários .....	50
3.2. Meristemas Secundários .....	50
4. Revestimento, Sustentação e Nutrição .....	50
5. Tecidos de Revestimento .....	50
5.1. Epiderme .....	51
5.2. Súber ou Cortiça .....	52
6. Tecidos de Sustentação .....	52
6.1. Colênquima .....	52
6.2. Esclerênquima .....	52



7. Nutrição .....	53
7.1. Parênquimas .....	53
7.2. Estrutura da Folha .....	54
7.3. Fluxo de Substâncias .....	54
7.4. A Nutrição Mineral .....	56

## Capítulo 05. Morfologia Externa

1. Parte Subterrânea .....	58
1.1. Zona Meristemática .....	58
1.2. Coifa .....	58
1.3. Zona Lisa ou de Distensão .....	58
1.4. Zona Pilífera .....	58
1.5. Zona das Ramificações ou Suberosa .....	58
2. Parte Aérea .....	58
3. Raízes .....	59
3.1. Tipos .....	59
3.2. Funções .....	61
4. Caules .....	62
4.1. Caules Aéreos .....	62
4.2. Caules Subterrâneos.....	64
5. Folhas .....	64

## Capítulo 06. Trocas Gasosas e Condução de Seiva

1. Transpiração .....	67
2. Estômatos .....	69
2.1. Estrutura .....	69
2.2. Funcionamento .....	69
2.3. Curva de Fechamento .....	71
3. Tecidos de condução .....	72
3.1. Xilema ou Lenho .....	72
3.2. Floema ou Líber.....	73
4. Transporte de Seiva Bruta .....	73
4.1. Trajeto da Água .....	73
4.2. Mecanismo de Condução .....	74
5. Transporte de Seiva Elaborada .....	76

## Capítulo 07. Integração e Respostas a Estímulos

1. Hormônios Vegetais .....	78
1.1. Auxinas .....	78
1.2. Efeitos das Auxinas.....	79
1.3. Giberelinas.....	81

# Índice.biologia 5

---

---

1.4. Citocininas .....	82
1.5. Etileno .....	82
1.6. Ácido Abscísico .....	83
2. Movimentos Vegetais .....	83
2.1. Tactismos .....	83
2.2. Tropismos .....	83
2.3. Nastismos .....	85
3. Fotoperiodismo .....	86
3.1. Floração e Fotoperíodo .....	86
3.2. O Papel da Escuridão .....	87
3.3. Outras Respostas Periódicas .....	88
<b>Exercícios Propostos .....</b>	<b>89</b>



## Capítulo 01. Microbiologia

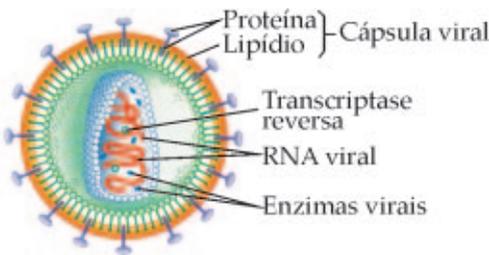
### 1. Vírus

Os vírus provocam doenças bastante conhecidas, como gripe e raiva. Algumas doenças virais podem ser controladas através de vacinação, como poliomielite, rubéola e sarampo. Em 1975, depois de uma intensa e longa campanha de vacinação, a varíola foi considerada erradicada pela Organização Mundial de Saúde.

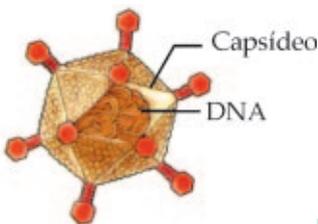
#### 1.1. Organização

Os vírus são extremamente pequenos, sendo visíveis apenas com o uso do microscópio eletrônico. Sua organização é bastante simples, pois são **acelulares**. Assim, só podem manifestar algumas atividades metabólicas quando estão no interior de células de outros seres vivos, comportando-se como parasitas **intracelulares**.

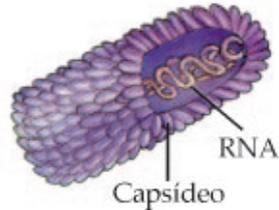
Há vírus que parasitam células de bactérias, de vegetais ou de animais. Os vírus podem ter vários mecanismos de transmissão, como saliva, picada de insetos, água, fezes, secreções genitais e sangue.



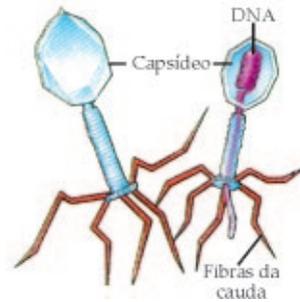
Vírus da aids



Adenovírus

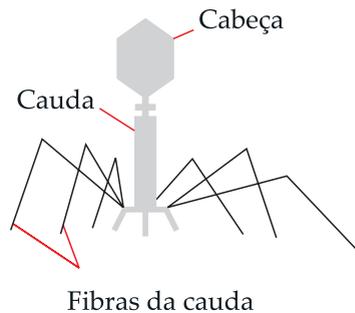


Vírus do mosaico do tabaco



Bacteriófago

Vamos iniciar o estudo dos vírus utilizando como exemplo os parasitas de bactérias. Eles são denominados **bacteriófagos** ou **fagos**.



Esquema de bacteriófago

Os bacteriófagos podem ter três partes principais.

- **cabeça:** é a região mais volumosa e abriga o material genético. Apresenta a forma de um icosaedro, ou seja, tem vinte faces, cada uma correspondendo a um triângulo equilátero.

- **cauda:** com aspecto cilíndrico, armazenando alguns materiais, tais como enzimas e ATP para as pequenas necessidades energéticas do bacteriófago.
- **fibras da cauda:** filamentos utilizados na fixação à célula hospedeira do vírus.

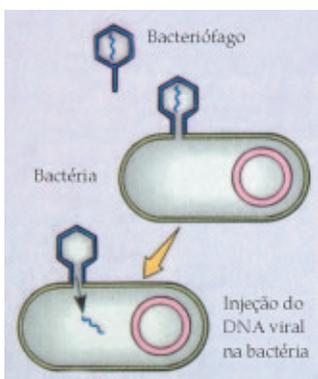
Os bacteriófagos apresentam um envoltório de **proteína**, chamado de carapaça ou cápsula, em cujo interior se encontra uma molécula de **ácido nucléico**. Há aqui uma particularidade dos vírus em geral: todos os seres vivos apresentam dois tipos de ácidos nucléicos, DNA e RNA; os vírus, ao contrário, geralmente só possuem um tipo (DNA ou RNA)

Os vírus não realizam uma série de atividades, tais como comer, excretar, respirar etc. Dessa forma, como podem ser considerados seres vivos? Ocorre que os vírus apresentam características que identificam a vida: possuem material genético, tendo capacidade de **reprodução** e de sofrer **mutações**.

**1.2. Reprodução**

A diversidade de reprodução dos vírus é muito grande. O estudo da reprodução dos **bacteriófagos** fornece a base para a compreensão dos principais padrões do grupo.

Em primeiro lugar, ocorre a **fixação** do bacteriófago à parede bacteriana através das fibras da cauda. Depois, o bacteriófago perfura a parede da bactéria, liberando de sua cauda a enzima **lisozima**. Essa enzima também é encontrada na lágrima, constituindo-se uma importante defesa dos olhos contra infecções bacterianas.



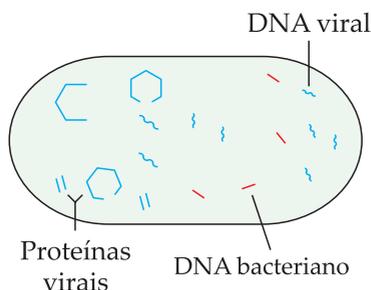
Posteriormente, ocorre a **introdução do DNA**, que passa a comandar as atividades metabólicas da bactéria.

O DNA viral pode determinar a reprodução do vírus. Em termos químicos isso significa a síntese de mais DNA e proteínas virais. Esses processos são desencadeados pela molécula de DNA do bacteriófago, como se vê abaixo:

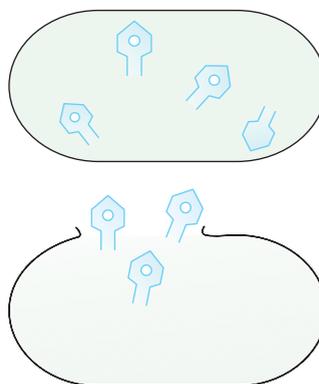
DNA → DNA → RNA → PROTEÍNAS

Assim, o DNA do vírus desencadeia alterações no metabolismo da bactéria.

De um modo geral, a molécula de DNA do vírus serve de modelo para a produção de mais DNA viral; a bactéria fornece energia, nucleotídeos e as enzimas necessárias. Posteriormente são fabricadas as proteínas da cápsula; novamente, a bactéria supre o vírus com energia, enzimas e aminoácidos necessários.



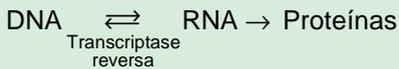
Então, essas peças componentes dos vírus são reunidas, sendo o processo denominado **montagem**. Num tempo de aproximadamente 25 minutos, podem ser formados até, 100 bacteriófagos.





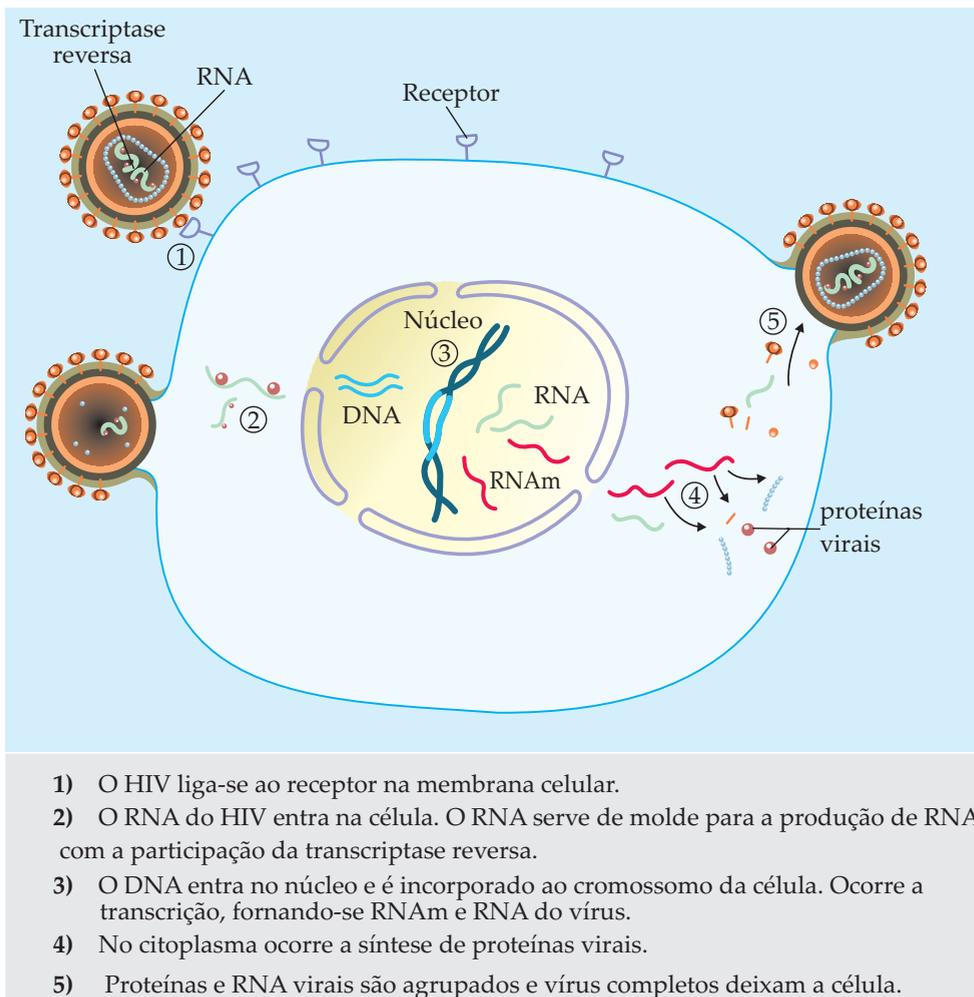
Ocorre a ruptura da célula bacteriana (lise); os vírus poderão se ligar a outras bactérias, dando início a outros ciclos.

O HIV é um **retrovírus**, apresentando RNA como material genético. HIV significa “vírus da imunodeficiência adquirida” e está relacionado com a Aids. Os retrovírus produzem DNA a partir de um molde de RNA, utilizando a enzima **transcriptase reversa**. O DNA assim produzido serve de modelo para a formação de mais RNA, que orienta a formação das proteínas virais.



### 1.3. Aids

A aids é causada pelo retrovírus conhecido como HIV. O HIV pode entrar no corpo por via sanguínea ou sexual. Esse vírus tem afinidade por certo tipo de linfócitos, glóbulos brancos relacionados com a defesa do organismo. Quando o HIV destrói linfócitos, o indivíduo passa a ter um quadro de imunodeficiência, ficando suscetível ao ataque de parasitas, tais como fungos, vírus e bactérias. Assim, o indivíduo poderá ter um quadro severo de pneumonia, tuberculose, candidíase, meningite etc, doenças que podem causar sua morte.



### 1.4. Outras Viroses

A atividade parasitária dos vírus geralmente produz dois efeitos:

– **citolítico**, causando a destruição das células;

– **citocínético**, estimulando a divisão de células, havendo inclusive alguns cânceres causados por vírus.

A seguir, algumas das principais viroses.

#### I. Influenza (gripe)

**Agente:** vírus influenza.

A transmissão ocorre por meio de saliva, provocando tosse, febre, coriza e dor de cabeça. Há vacinas contra algumas formas do vírus.

#### II. Rubéola

**Agente:** vírus da rubéola (vírus de RNA).

A transmissão é feita através de saliva, provocando pequenas lesões avermelhadas, febre e nódulos infartados. Trata-se de doença benigna no adulto e que pode ser prevenida com o uso de vacina. No entanto, é extremamente perigosa quando transmitida durante a gravidez, podendo causar sérios distúrbios no sistema nervoso central da criança.

#### III. Sarampo

**Agente:** vírus do sarampo

A transmissão ocorre pela saliva, causando lesões avermelhadas, febre e conjuntivite. A vacina é uma importante arma em sua prevenção.

#### IV. Variola

**Agente:** vírus Poxvírus

Doença erradicada desde 1975 com o uso intensivo de vacina. Provocava típicas lesões avermelhadas e bolhas, com elevada mortalidade.

#### V. Poliomielite (paralisia infantil)

**Agente:** Poliovírus (tipos A, B e C).

Transmitida por água e alimentos contendo os vírus, presentes nas fezes do paciente.

Causa febre, diarreia, dor de cabeça e lesões de neurônios motores (gerando paralisia). A prevenção envolve saneamento básico e o emprego da vacina Sabin.

#### VI. Raiva

**Agente:** vírus do grupo Lissavírus (RNA).

É transmitida por mordida de cães e outros animais (morcegos). Provoca lesões no sistema nervoso central e o paciente apresenta mal-estar, náuseas, convulsões, dificuldade para engolir e respirar. A prevenção envolve o uso de vacina para cães e seres humanos.

#### VII. Hepatite por vírus

**Agente:** vírus VHA( hepatite A) e vírus VHB (hepatite B).

A hepatite causa destruição de células do fígado, causando icterícia, febre, urina escura, fezes claras. A hepatite A é transmitida por água ou alimentos contaminados por fezes dos doentes, enquanto a hepatite B é veiculada por transfusão de sangue, seringas, materiais cirúrgicos. Os cuidados com saneamento básico, transfusões e seringas são fundamentais na prevenção.

#### VIII. Dengue

**Agente:** vírus flavivírus (grupo B) da dengue.

A picada do mosquito *Aedes aegypti* transmite o vírus, que provoca febre, dor muscular e articular, dor de cabeça e, em alguns casos, hemorragias. A prevenção envolve o controle do mosquito e a destruição de locais onde suas larvas se desenvolvem (água doce parada).

#### IX. Febre Amarela

**Agente:** Vírus flavivírus (grupo B) da febre amarela.

A doença provoca febre, dor muscular e articular, vômito, diarreia, icterícia, hemorragias e insuficiência renal.

A transmissão é através da picada do mosquito *Aedes aegypti* em meio urbano e pelo mosquito hemagogo em selva. A prevenção é feita com o controle dos mosquitos transmissores e através de vacina.



### X. Caxumba

**Agente:** vírus da caxumba (mixovírus).

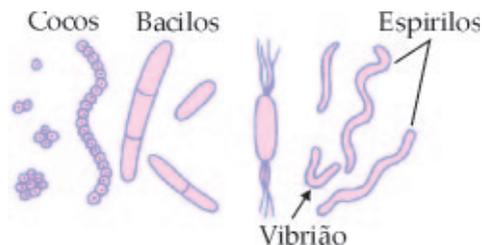
A transmissão ocorre por saliva, provocando febre, vômito, aumento de volume de glândulas salivares. O uso de vacina é uma importante medida preventiva.

## 2. Organismos Procariontes

### 2.1. Organização das Bactérias

Bactérias são organismos microscópicos mas com uma imensa quantidade: todas as bactérias do mundo têm massa maior do que a de todos os demais seres vivos juntos. Num grama de terra fértil há mais de 2,5 bilhões de bactérias.

O microscópio óptico não permite a observação de muitos detalhes da estrutura bacteriana, praticamente só possibilitando ver a sua forma.



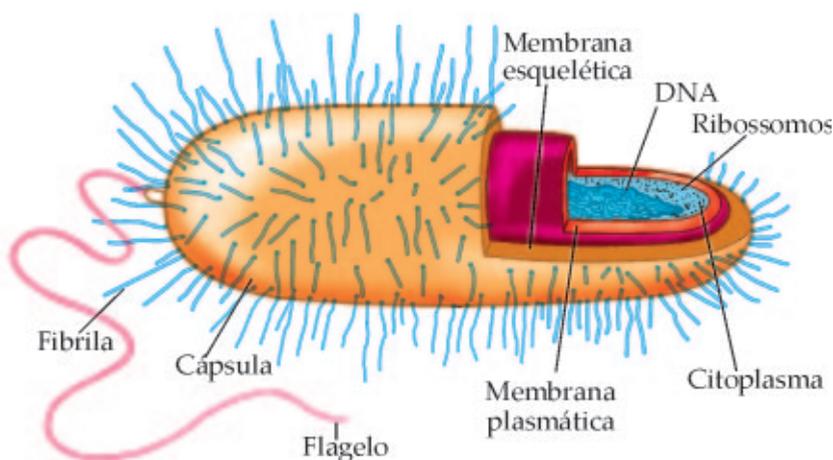
As principais formas de bactérias

Algumas bactérias podem causar doenças no homem, plantas ou animais. Há muitas bactérias extremamente úteis, como é o caso dos **lactobacilos**, fundamentais na produção de vários derivados do leite.

Forma	Exemplos de doenças
Cocos	Gonorréia, pneumonia, meningite, furúnculo, faringite
Bacilo	Tétano, tuberculose, lepra (hanseníase), difteria
Espirilo	Sífilis
Vibrião	Cólera

### 2.2. Estrutura Bacteriana

Com o microscópio eletrônico é possível a observação mais detalhada da organização das bactérias, conforme se vê no esquema abaixo:



Esquema de bactéria ao microscópio eletrônico

Os principais componentes de uma bactéria são:

### I. Cromatina

É constituída por um filamento de DNA bastante longo, aproximadamente mil vezes maior do que a própria bactéria. Corresponde ao **material genético** da célula, responsável por duas funções principais: a **coordenação** das atividades vitais e a **hereditariedade**. O material genético não é envolvido por carioteca, caracterizando a organização procarionte.

### II. Plasmídeos

Correspondem ao DNA, além daquele presente no cromossomo bacteriano. Assim, os plasmídeos apresentam genes adicionais, que podem auxiliar na sobrevivência das bactérias, como é o caso de genes que conferem resistência a antibióticos.

### III. Membrana esquelética

É uma cobertura espessa e rígida que protege a bactéria, mantendo sua forma. Sua composição química é complexa, não incluindo celulose, como ocorre com todos os procariontes. Apesar da sua espessura, é permeável a diversas substâncias.

### IV. Membrana plasmática

É também denominada plasmalema ou membrana celular. Apresenta as seguintes características:

- é lipoprotéica, isto é, formada por lípidios e proteínas;
- é extremamente delgada, sendo visível apenas ao microscópio eletrônico;
- tem permeabilidade seletiva.

A membrana apresenta muitas invaginações, os **mesossomos**, que contêm enzimas envolvidas com a respiração e participam da divisão da célula, prendendo a cromatina durante a divisão.

### V. Cápsula

Trata-se de um envoltório viscoso que pode ou não estar presente em algumas bactérias. A cápsula é secretada pela célula

bacteriana, sendo uma característica determinada geneticamente. Quando a bactéria é encapsulada, pode ter alguma proteção a mais, por exemplo, contra a fagocitose.

### VI. Hialoplasma

Corresponde ao material gelatinoso que preenche os espaços entre as demais estruturas celulares. Tem como composição principal água e proteína, além de numerosas enzimas que controlam as reações químicas que mantêm o funcionamento da célula.

### VII. Ribossomos

São organóides não membranosos responsáveis pela síntese de proteínas. As proteínas produzidas nos ribossomos podem participar da construção da matéria viva, como é o caso do hialoplasma e da membrana plasmática; outras proteínas têm função enzimática. Essa produção de proteínas é controlada pelo DNA bacteriano.

## 2.3. Ambiente

Bactérias podem ser encontradas nos mais diversos tipos de ambientes, desde que haja alguma umidade. Isso inclui o mar, a água doce, o solo úmido e o corpo de animais e plantas.

## 2.4. Nutrição e Liberação de Energia

Nenhum outro grupo de seres vivos tem tamanha diversidade de formas de nutrição como as bactérias.

### I. Heterotróficas

Constituem a maioria das bactérias; elas não produzem seu próprio material orgânico a partir de substâncias inorgânicas. Apresentam duas estratégias principais: viver à custa de um ser vivo, comportando-se como **parasitas**, ou atacar matéria orgânica morta, promovendo sua decomposição, sendo denominadas **sapróvoras**.

### II. Autotróficas

Bactérias que produzem material orgânico a partir de substâncias inorgânicas; são mais raras do que as heterótrofas.



Algumas bactérias autótrofas realizam **fotossíntese** e outras, **quimiossíntese**. Nos dois processos ocorre a produção de glicose. No entanto, a maneira pela qual a glicose é produzida difere bastante. Na fotossíntese, a bactéria absorve luz através de um tipo especial de clorofila que se encontra dispersa no hialoplasma. Já com as bactérias quimiossintetizantes não ocorre a utilização de energia luminosa; nesse caso, a energia provém de reações químicas. É o caso de reações que transformam amônia em nitrito, que ocorre em bactérias nitrificantes.

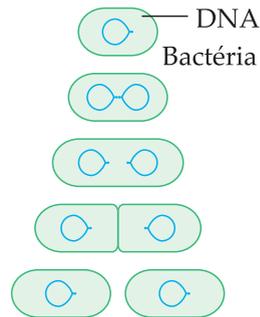
A degradação do alimento pode ser efetuada com a presença de oxigênio, caracterizando as bactérias **aeróbicas**; as bactérias que não utilizam oxigênio são denominadas **anaeróbicas**.

### 2.5. Reprodução das Bactérias

As bactérias apresentam principalmente reprodução **assexuada** e mais raramente **sexuada**.

Bactérias são seres unicelulares e, ao se dividirem, geram dois novos indivíduos; isso caracte-

teriza a chamada **bipartição** ou **cissiparidade**, sua forma de reprodução mais comum.

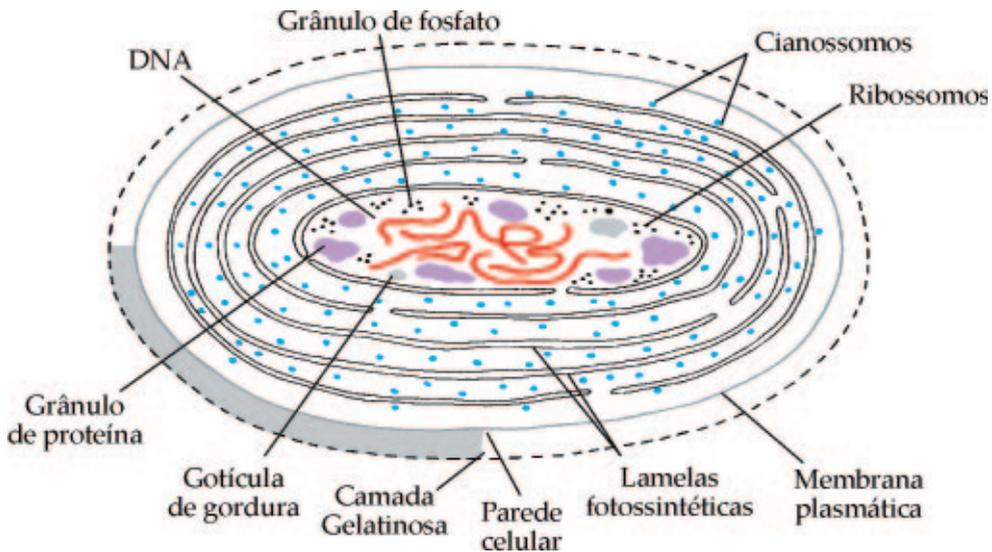


A cissiparidade nas bactérias, formando indivíduos geneticamente iguais

Nesse processo, o material genético bacteriano se duplica e mesossomos prendem-se a cada um dos cromossomos, que são repartidos entre as células-filhas. Assim, formam-se duas bactérias geneticamente idênticas. Sob certas condições, uma bactéria pode se dividir a cada vinte minutos. Assim, após sete horas, poderão ser produzidos cerca de dois milhões e dez mil descendentes!

### 2.6. Cianobactérias

As cianobactérias são organismos microscópicos intimamente relacionados com as bactérias.



Esquema de uma cianobactéria

As cianobactérias apresentam inúmeras semelhanças em relação às bactérias:

- são unicelulares ou coloniais;
- apresentam membrana esquelética sem celulose;
- são procariontes, isto é, não têm núcleo organizado;
- algumas espécies participam do ciclo do nitrogênio, realizando a sua fixação. Com isso, podem enriquecer o solo com os compostos nitrogenados.

No entanto, as cianobactérias diferenciam-se das bactérias em vários aspectos, tais como:

- possuem um sistema de membranas concêntricas no hialoplasma;

– apresentam pigmentos de cor azul e vermelha; têm também **clorofila a**. Algumas raras bactérias fotossintetizantes possuem outro tipo de clorofila, com uma composição química bem diferente.

As cianobactérias podem viver em muitos tipos de ambiente, desde que haja luz e água; muitas vezes a água só está disponível durante um pequeno período de tempo. Assim, há cianobactérias no mar, rios, troncos de árvores, superfície de rochas, etc. No mar Vermelho, algumas cianobactérias avermelhadas aparecem em tamanha quantidade que conferem essa cor à água.

Tem sido observada no grupo reprodução assexuada por esporos e principalmente por bipartição.

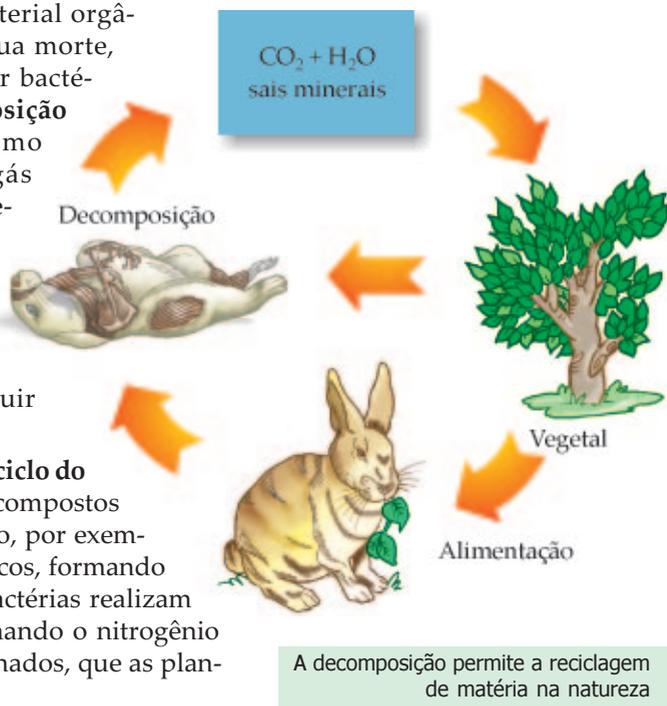
## 2.7. Importância

As bactérias constituem o grupo de seres vivos com a maior massa total no planeta. Assim, quando se considera apenas sua quantidade, já se pode perceber sua imensa importância para toda a biosfera e, em particular, para o homem.

### I. Importância ambiental

Os seres vivos apresentam material orgânico em sua constituição. Após sua morte, o material orgânico é atacado por bactérias que promovem sua **decomposição** em partículas menores, tais como amônia, sais minerais, água, gás carbônico etc. Os resíduos provenientes da decomposição podem ser novamente utilizados por plantas, permitindo a reciclagem de materiais no planeta. Sem a decomposição, os seres vivos não teriam matéria-prima para construir seus corpos.

Há bactérias que participam do **ciclo do nitrogênio**. Algumas decompõem compostos nitrogenados dos seres vivos, como, por exemplo, as proteínas e os ácidos nucleicos, formando amônia. Outras bactérias e cianobactérias realizam a **fixação de nitrogênio**, transformando o nitrogênio gasoso ( $N_2$ ) em compostos nitrogenados, que as plantas podem utilizar.





## II. Importância econômica

Certas variedades de bactérias são fundamentais na indústria porque realizam **fermentação**, produzindo inúmeras substâncias de grande utilidade:

- **ácido láctico**: pode ser gerado pelos lactobacilos. O ácido láctico altera o pH do leite, possibilitando sua transformação em uma série de derivados, tais como iogurte, coalhada e queijos.
- **ácido acético**: é o principal componente do vinagre.

Algumas bactérias são utilizadas na produção de **antibióticos**: substâncias produzidas por seres vivos e que podem afetar bactérias. Os antibióticos não agem contra vírus nem contra fungos.

Mais recentemente, as bactérias têm sido empregadas na **engenharia genética** para a produção de hormônios, proteínas, vacinas, entre outros processos biotecnológicos.

## III. Doenças

As bactérias podem causar doenças parasitando tecidos de hospedeiros. Algumas bactérias produzem toxinas que afetam enormemente o hospedeiro, como ocorre com as do gênero *Clostridium*, causadoras de tétano e de botulismo. Há importantes casos de doenças sexualmente transmissíveis, como a gonorréia e a sífilis.

# 3. Fungos

## 3.1. Representantes

O grupo dos fungos inclui organismos bastante familiares, como cogumelo, bolor e orelha-de-pau.



Cogumelo

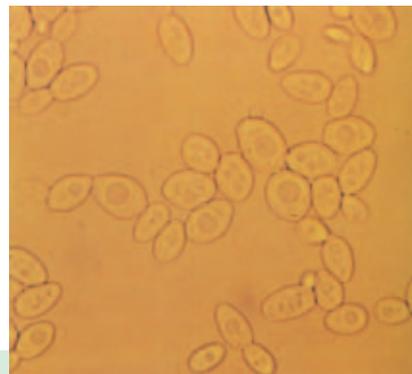


Orelha-de-pau

Esses fungos são pluricelulares e visíveis a olho nu. No entanto, há fungos microscópicos bastante conhecidos, tais como as **leveduras** ou fermento biológico e organismos causadores de **micoses**, como é o caso da frieira ou pé-de-atleta.



Bolor



Leveduras, fungos microscópicos, que podem se reproduzir por brotamento

### 3.2. Características

Apesar da grande diversidade de fungos, esses organismos apresentam algumas características comuns:

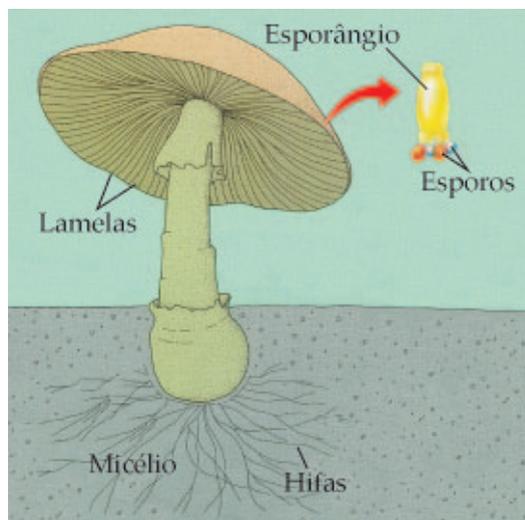
- são **eucariontes**, ou seja, possuem núcleo organizado. Isso permite diferenciá-los de bactérias e cianobactérias;
- possuem células dotadas de **membrana esquelética**, constituída por quitina;
- sua reserva energética é o glicogênio;
- são **aclorofilados**, não realizando fotossíntese, comportando-se como **heterótrofos**. Essa característica distingue os fungos das algas;
- não possuem **tecidos organizados**, presentes nas plantas terrestres;
- reproduzem-se em pelo menos uma fase de sua vida através de esporos. A quantidade de **esporos** normalmente é muito elevada; nas formas terrestres sua dispersão é feita passivamente pelo ar. Os fungos aquáticos geralmente formam esporos flagelados, denominados **zoósporos**, que se movimentam ativamente.

Cogumelos podem servir como padrão para o estudo dos fungos. Crescem sobre matéria orgânica com elevada umidade, como, por exemplo, esterco e madeira. Uma parte do cogumelo fica para fora do seu substrato. Essa parte visível corresponde a cerca de 1/10 do seu corpo; o restante do seu organismo fica imerso no alimento, sob a forma de filamentos chamados **hifas**. O conjunto de todas as hifas constitui o **micélio**.

As hifas do fungo liberam enzimas em seu substrato, digerindo-o para depois absorver os produtos; isso caracteriza uma forma de digestão extracorpórea.

Quando o micélio está bem desenvolvido, muitas hifas acabam emergindo do substrato, formando o corpo de frutificação, que é a parte externa do fungo, responsável pela sua reprodução. No caso do cogumelo, o **corpo de frutificação** tem um eixo em cuja

extremidade se forma um chapéu. Sob o chapéu de um cogumelo há várias **lamelas**. Cada lamela apresenta protuberâncias laterais chamadas **esporângios**, estruturas produtoras de esporos.



Organização de um cogumelo

Os esporos são dispersados pelo vento e, se caírem num substrato adequado, começam a se desenvolver em novas hifas; posteriormente, através de uma seqüência bastante complexa, poderá ser formado um novo corpo de frutificação, que vai produzir novos esporos, fechando o ciclo.

Outros fungos têm muitas diferenças em relação a esse modelo. As hifas do cogumelo, por exemplo, apresentam paredes divisórias chamadas septos. As hifas de muitos bolores não possuem septos e os núcleos encontram-se mergulhados numa mesma massa de hialoplasma, sendo denominadas cenocíticas.



Hifas podem ser septadas (A) ou cenocíticas (B)



### 3.3. Importância

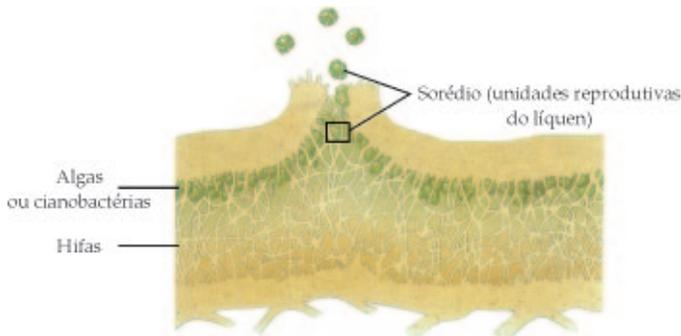
Milhares de espécies de fungos são importantes para o homem e para a biosfera como um todo. Destacam-se os seguintes aspectos:

#### I. Importância ambiental

Os fungos são heterótrofos, sendo que inúmeras espécies realizam a decomposição de matéria orgânica morta, contribuindo para a reciclagem de materiais nos diferentes ecossistemas. Além disso, os fungos participam de associações com outros seres vivos; **micorrizas** e **liquens** são exemplos bastante conhecidos dessas associações.

**Micorriza** é uma associação entre fungos e raízes de plantas, com benefício mútuo: o fungo aumenta a superfície de absorção de água e sais minerais para a raiz e dela recebe alimento orgânico.

**Líquen** é uma associação entre fungos e algas ou cianobactérias, com benefício mútuo: o fungo protege a alga e fornece para ela água e sais minerais, enquanto a alga produz alimento através da fotossíntese, transferindo-o para o fungo.



Organização de um líquen

#### II. Importância econômica

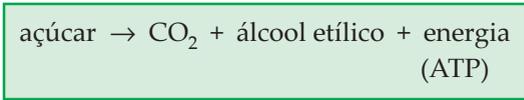
Vários fungos são causadores de pragas na agricultura, provocando sérios prejuízos. No Brasil, é famosa a doença conhecida como "ferrugem", que pode atacar muitos tipos de plantas, como o café.

Os fungos são também conhecidos pela sua capacidade de destruição de madeira, alimentos, medicamentos e outros materiais, já que são eficientes agentes decompositores.

Há muitos fungos que têm grande utilidade para o homem. Na indústria, por exemplo, podem ser empregados na produção de **antibióticos**, como é o caso da penicilina, derivada do bolor do gênero *Penicillium*.

Em termos industriais, os fungos podem ser aproveitados pela sua atividade fermentativa, como ocorre com outros representantes do gênero *Penicillium*, empregados na produção de queijos de vários tipos. Há

também os levedos, como o famoso *Saccharomyces*, ou fermento de padaria. Trata-se de um fungo unicelular que pode se reproduzir assexuadamente por brotamento, quando colocado em meio nutritivo rico. Isso pode ser observado colocando-se um pouco de fermento numa solução de água com açúcar; em pouco tempo o fungo multiplica-se bastante e, esgotado o oxigênio, passa a fermentar.



O gás carbônico gerado nesse processo promove o crescimento do pão, determinando a formação dos alvéolos presentes na massa. O álcool etílico, que pode ser empregado como combustível, é gerado a partir da fermentação de açúcar, por exemplo, de cana.

As bebidas alcoólicas são também produto da atividade de fungos. No caso do vinho, os lêvedos podem estar na casca da uva, entrando em atividade quando as frutas são amassadas e seu suco liberado.

Muitos cogumelos são comestíveis, como champignon (do gênero *Agaricus*) e as trufas.

### III. Doenças

Há espécies de fungos venenosos e o seu reconhecimento, em muitos casos, deve ser feito por um especialista.

Além dos fungos venenosos, há os que produzem substâncias **alucinógenas**. É o caso do *Psilocibe*, conhecido como cogumelo mexicano, que ainda hoje é consumido por algumas tribos do deserto em cerimônias religiosas, gerando, de fato, alucinações. O fungo *Claviceps* cresce sobre o centeio e produz uma substância chamada **ergotina**, que pode ser modificada em laboratório para formar o **LSD**, uma potente droga alucinógena, também capaz de provocar alterações cromossômicas.

Finalmente, há uma infinidade de fungos que podem provocar doenças, genericamente chamadas de **micoses**. Algumas delas afetam a pele, como ocorre com a frieira ou pé-de-atleta. Outras micoses afetam pulmões, unhas e órgãos reprodutores.

- **Micoses na pele**

**Agente:** causadas por várias espécies de fungos (*Mallassezia furfur*, *Trichophyton sp*, *Microsporum sp*).

Transmitidas pelo contato direto, causam vários tipos de lesões, que podem ser tratadas com antimicóticos específicos.

- **Candidíase**

**Agente:** *Candida albicans*.

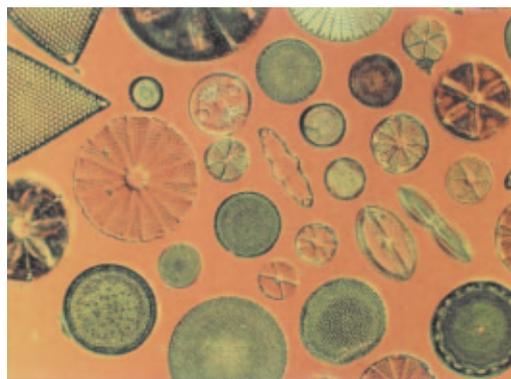
Também conhecida como sapinho, causa lesões na pele ou em mucosas (boca e vagina). A transmissão se dá por contato direto e o tratamento envolve medicamentos específicos.

## 4. Algas

### 4.1. Representantes

Algas são organismos tipicamente aquáticos, com alguns representantes em meio terrestre úmido.

Na superfície do mar encontram-se muitas algas planctônicas, responsáveis pela maior parte da fotossíntese mundial. Entre elas há dois grandes grupos: as diatomáceas (algas douradas) e as pirrófitas (dinoflagelados).

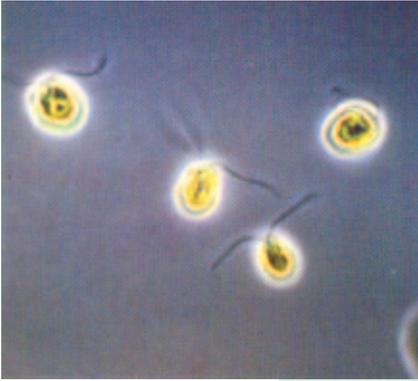


Diatomáceas, algas unicelulares com uma importante participação na fotossíntese mundial

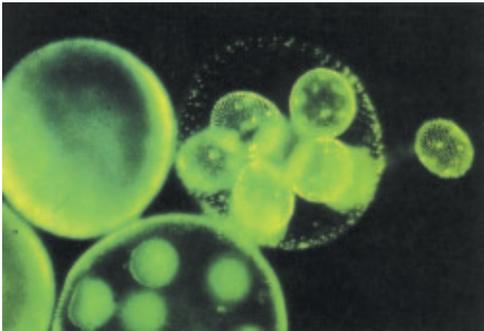
Podemos citar ainda um tipo muito curioso de alga: muitas vezes, à noite, em certas praias podemos notar pontos de luz na água. É também possível perceber a mesma coisa na areia molhada, junto ao mar. Esses fatos são graças à presença de algas bioluminescentes, ou seja, que emitem luz; como é o caso da *Noctiluca*, que é unicelular, pertencente ao grupo das algas pirrófitas.

Uma variedade bastante importante é a alga unicelular *Chlamydomonas*, muito comum em água doce.

Há uma espécie de *Chlamydomonas* que apresenta coloração rosada e se desenvolve sobre a neve. Em certos locais, essa variedade é tão abundante que a neve pode ficar cor-de-rosa. Outra alga verde microscópica é *Volvox*, que forma colônias esféricas.



*Chlamydomonas*



*Volvox*

Além das algas microscópicas, há muitas de grande porte, como a *Laminaria*, que chegam a ter mais de 8 metros de comprimento e apresentam o aspecto de uma espessa folha de papel, com sua base presa ao fundo do mar.



*Laminaria*

Há outras algas aparentadas com a *Laminaria* que vivem no oceano Índico, bem maiores ainda, chegando a mais de 30 metros de comprimento.

Outra alga interessante é o *Sargassum*, a alga parda mais abundante do Brasil. O *Sargassum* vive fixado ao fundo do mar e apresenta várias ramificações, com expansões que realizam fotossíntese. Além disso, essa alga tem bolsinhas cheias de ar que auxiliam a flutuação. Quando porções dessa alga se desprendem do fundo, podem flutuar junto à superfície e, às vezes, são levadas pelas ondas até as praias. O *Sargassum* é abundante no oceano Atlântico, ao norte da América do Sul, no famoso mar de Sargasso.

## 4.2. Características

Todos esses exemplos servem para dar uma idéia da grande variedade de algas no nosso planeta. Como se pode notar, elas diferem em relação a vários aspectos, tais como tamanho, forma, cor, número de células, ambiente em que se encontram etc.

No entanto, apesar de tantas diferenças, elas apresentam muitas semelhanças:

- todas têm núcleo organizado, ou seja, são **eucariontes**;
- possuem **clorofila**, realizam fotossíntese, sendo todas **autótrofas**. Além da clorofila, possuem outros pigmentos que podem determinar cores diferentes do verde;
- **não apresentam tecidos** organizados, característica que as diferencia das plantas terrestres.

## 4.3. Nutrição e Ambiente

Todas as algas, sem exceção, são autótrofas fotossintetizantes. Podem viver em ambientes que tenham duas características principais: água e luz. Essas condições estão presentes no mar, na água doce e até em solo úmido. São, porém, muito mais frequentes em meio aquático do que terrestre.

Basicamente, as algas são encontradas na superfície e no fundo dos ambientes aquáticos.

Os seres vivos da superfície que apresentam principalmente movimentação passiva, ou seja, são arrastados pelo ambiente, compõem o chamado **plâncton**. A parte autótrofa da superfície é chamada fitoplâncton, sendo constituída geralmente por algas. O fitoplâncton serve de alimento para o zooplâncton, constituído geralmente por pequenos animais, tais como os crustáceos. Esses servem de alimento a peixes que são consumidos por outros animais. Estabelece-se assim uma seqüência de alimentação, denominada **cadeia alimentar**, cuja base é constituída principalmente por algas. Por isso, o fitoplâncton é considerado o "grande pasto marinho", servindo como fonte de alimentos para a maioria dos seres vivos desse ambiente.

Outras algas vivem no fundo. Todos os seres vivos do fundo, fixos ou móveis, constituem os **bentos**. Após uma certa profundidade não há mais luz. Nesse caso, as algas não são mais encontradas já que elas necessitam de luz para a realização de fotossíntese. Assim, a distribuição das algas em meio aquático é limitada pela luz.

### 4.4. Importância

As algas têm importância em relação a vários aspectos:

#### I. Importância ambiental

São as algas que realizam a maior parte da **fotossíntese** mundial, principalmente as algas planctônicas. Dessa forma, produzem alimento e oxigênio para os seres vivos aquáticos e também de outros ambientes.

Algumas algas do grupo das **pirrofíceas** podem causar o fenômeno conhecido como **maré vermelha**. Sob condições adequadas, essas algas proliferam intensamente, cobrindo uma grande superfície no mar. Elas liberam uma toxina na água, causando a morte de muitos animais, tais como peixes e crustá-

ceos. O homem também pode ser afetado por essa toxina ao se aproximar da área ou comendo alimentos contaminados. Com o tempo as algas voltam a uma quantidade pequena e inofensiva, mas a toxina pode persistir no ambiente durante vários meses.

#### II. Importância econômica

Em muitos países, a exploração das algas é feita em larga escala, constituindo-se em importante atividade econômica. As algas podem ser coletadas ou ainda cultivadas, às vezes, em tanques de água doce ou mesmo no próprio mar.

As algas constituem importante fonte de alimento para o homem e também para o gado. Algumas variedades apresentam elevado conteúdo protéico e vitamínico. Além disso, muitas algas fornecem materiais empregados na indústria, tais como:

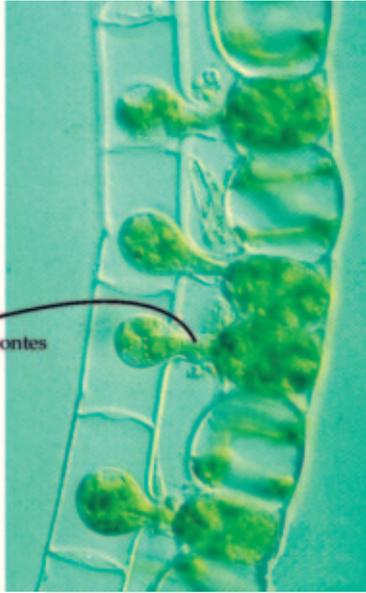
- **ágar-ágar**: extraído de algumas algas vermelhas, pode ser empregado na indústria alimentícia e na produção de meios de cultura.
- **alginato**: retirado de certas algas pardas, sendo utilizado na produção de cosméticos cremosos e de sorvetes cremosos.
- **diatomito**: trata-se de uma rocha de sílica, cuja origem é a agregação de envoltórios de diatomáceas. O diatomito tem natureza porosa, constituindo-se em ótimo material para fabricação de filtros. Pode também ser usado como componente de polidores de metais, nos cremes dentais e podem ser utilizados como tijolos ou blocos para construção de casas em áreas litorâneas.

### 4.5. Classificação

Classificar um grupo tão diversificado como o das algas é uma tarefa difícil. No entanto, pode ser útil conhecer os principais tipos e algumas de suas características:



## I. Clorófitceas



Formação das pontes de conjugação

Conjugação na alga *Spirogyra*

São as "algas verdes". Podem ser unicelulares, coloniais ou pluricelulares. Vivem no mar, na água doce ou mesmo em terra úmida. Apresentam grande importância evolutiva, pois são tidas como **ancestrais das plantas terrestres**. Algumas das evidências apontadas nesse sentido são que as clorófitceas têm em comum com as plantas terrestres os mesmos tipos de pigmentos, reserva (amido) e material da parede (celulose).

Algumas formas filamentosas reproduzem-se sexuadamente por **conjugação**. Nesse processo, duas algas compatíveis podem se unir por uma ponte citoplasmática e uma delas passa material genético para a outra.

## II. Feofíceas

Correspondem às "algas pardas". São pluricelulares e apresentam maior porte e complexidade entre as algas. Certas espécies podem ser empregadas na alimentação e algumas fornecem **alginato**.

## III. Rodofíceas

São as chamadas "algas vermelhas". Têm o corpo geralmente constituído por filamentos delicados. Podem fornecer o **ágar-ágar**.

## IV. Crisofíceas

São as "algas douradas". Nesse grupo estão incluídas as **diatomáceas**, importantes componentes do fitoplâncton, participando de boa parte da fotossíntese mundial. Sua carapaça é silicosa; podem formar o **diatomito**.

## V. Pirrófitceas

Podem ser traduzidas como "algas cor de fogo". São unicelulares e importantes componentes do fitoplâncton. Incluem os **dinoflagelados** que têm alguns representantes apresentando **bioluminescência** e outros podendo provocar a **maré vermelha**.

# Capítulo 02. Plantas sem Flores

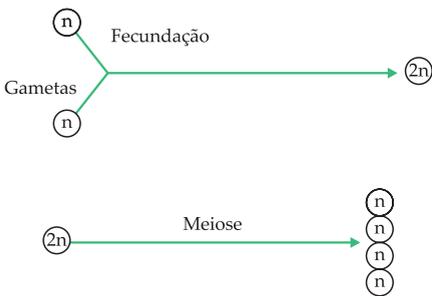
## 1. Ciclos Reprodutivos

### 1.1. Reprodução Sexuada

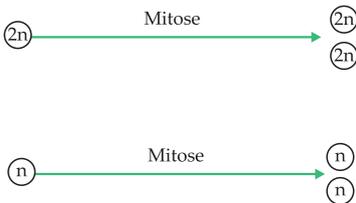
Nos ciclos de vida nos quais há reprodução sexuada, normalmente se destacam os fenômenos **fecundação** e **meiose**.

A fecundação consiste na fusão de **gametas**, células reprodutoras haplóides ( $n$ ), originando a célula-ovo ou zigoto ( $2n$ ).

Já a meiose consiste num tipo de divisão celular em que, geralmente, de uma célula  $2n$  originam-se quatro células haplóides. Assim, a principal característica da meiose é a redução do número de cromossomos à metade.



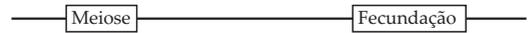
Outro processo que aparece nos diversos ciclos de vida é a **mitose**: um tipo de divisão celular que forma duas células-filhas com o mesmo número de cromossomos da célula-mãe. A mitose tanto pode ocorrer em células  $2n$  como em células  $n$ .



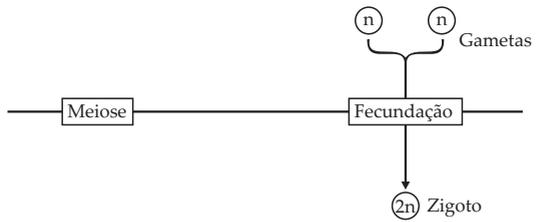
### 1.2. Ciclo dos Organismos Diploides

Trata-se do ciclo de vida dos animais e de algumas algas. Podemos construí-lo a partir de um roteiro:

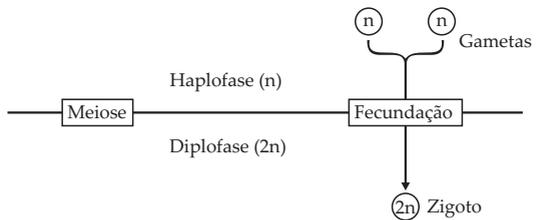
I. Unir fecundação e meiose, os dois fenômenos opostos.



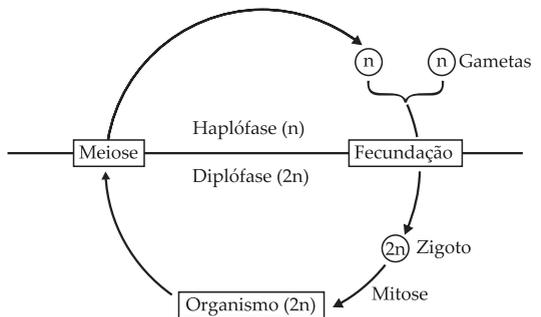
II. Colocar no esquema o significado de fecundação: a união dos gametas ( $n$ ), gerando uma célula ( $2n$ ), o zigoto.



III. Colocar os nomes das duas fases do ciclo: é possível verificar que, do lado da linha onde estão os gametas, só há estruturas  $n$ , caracterizando a haplofase. Já o lado em que se encontra o zigoto apresenta apenas estruturas  $2n$ , o que corresponde à diplofase.



O zigoto sofre mitose e origina um organismo diplóide, que se reproduz através de gametas, gerados por meiose (meiose gamética).

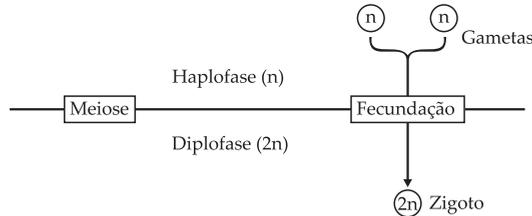




### 1.3. Ciclo com Metagênese

Trata-se do ciclo das plantas terrestres e de algumas algas. Sua construção segue os mesmos passos iniciais apresentados no ciclo dos animais:

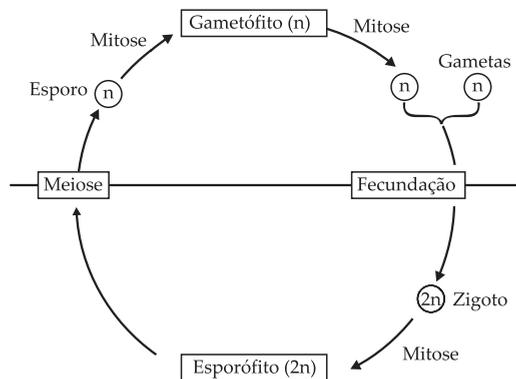
- I. Fazer a linha que une meiose e fecundação.
- II. Esquematizar fecundação.
- III. Indicar haplofase e diplofase.



Todas as espécies de plantas terrestres têm dois tipos de indivíduos, um haplóide e outro diplóide, com um dando origem ao outro.

$$\text{Planta (n)} \rightleftharpoons \text{Planta (2n)}$$

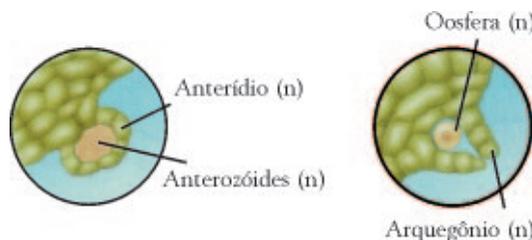
A planta  $n$  se reproduz formando gametas, sendo conhecida como **gametófito**. Já a planta  $2n$  produz esporos, sendo denominada **esporófito**.



Nesse tipo de ciclo, a meiose é esporica ou intermediária (está entre duas fases com indivíduos adultos).

No esporófito há **esporângios**, que produzem esporos. O **gametófito possui gametângios**, produtores de gametas. Há dois tipos de gametângios:

- anterídio (masculino), produtor de gametas, chamados anterozóides.
- arquegônio (feminino), que forma gametas femininos ( oosferas).

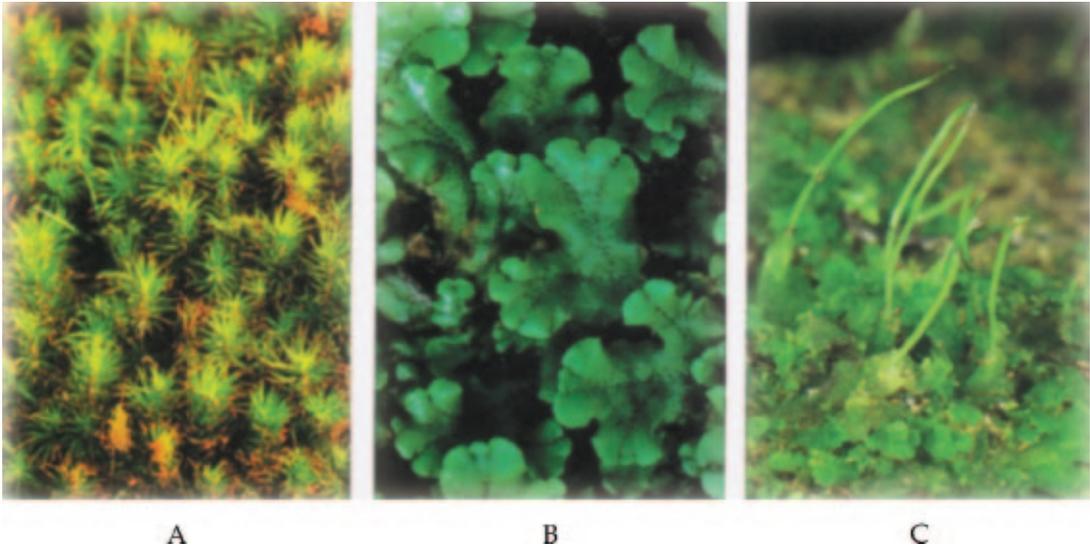


Os dois tipos de gametângios

## 2. Briófitas

### 2.1. Representantes

Entre as briófitas, encontram-se **musgos**, **hepáticas** e **antóceros**.



Alguns tipos de briófitas:  
A – Musgos; B – Hepáticas; C – Antóceros

Musgos apresentam um eixo chamado **caulóide**, de onde saem filamentos conhecidos como **rizóides**, cujas funções são a fixação do vegetal ao solo e a absorção de água e sais minerais. Do caulóide, também saem lâminas laterais, os **filóides**, responsáveis principalmente pela realização de fotossíntese.

As hepáticas são plantas verdes, pequenas, com aspecto de lâminas achatadas. Sob cada lâmina, desenvolvem-se os rizóides. Geralmente as hepáticas são encontradas em ambientes bastante úmidos e sombreados, havendo ainda espécies que se desenvolvem na superfície de água doce.

### 2.2. Características

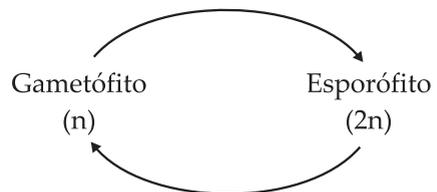
As características comuns das briófitas são:

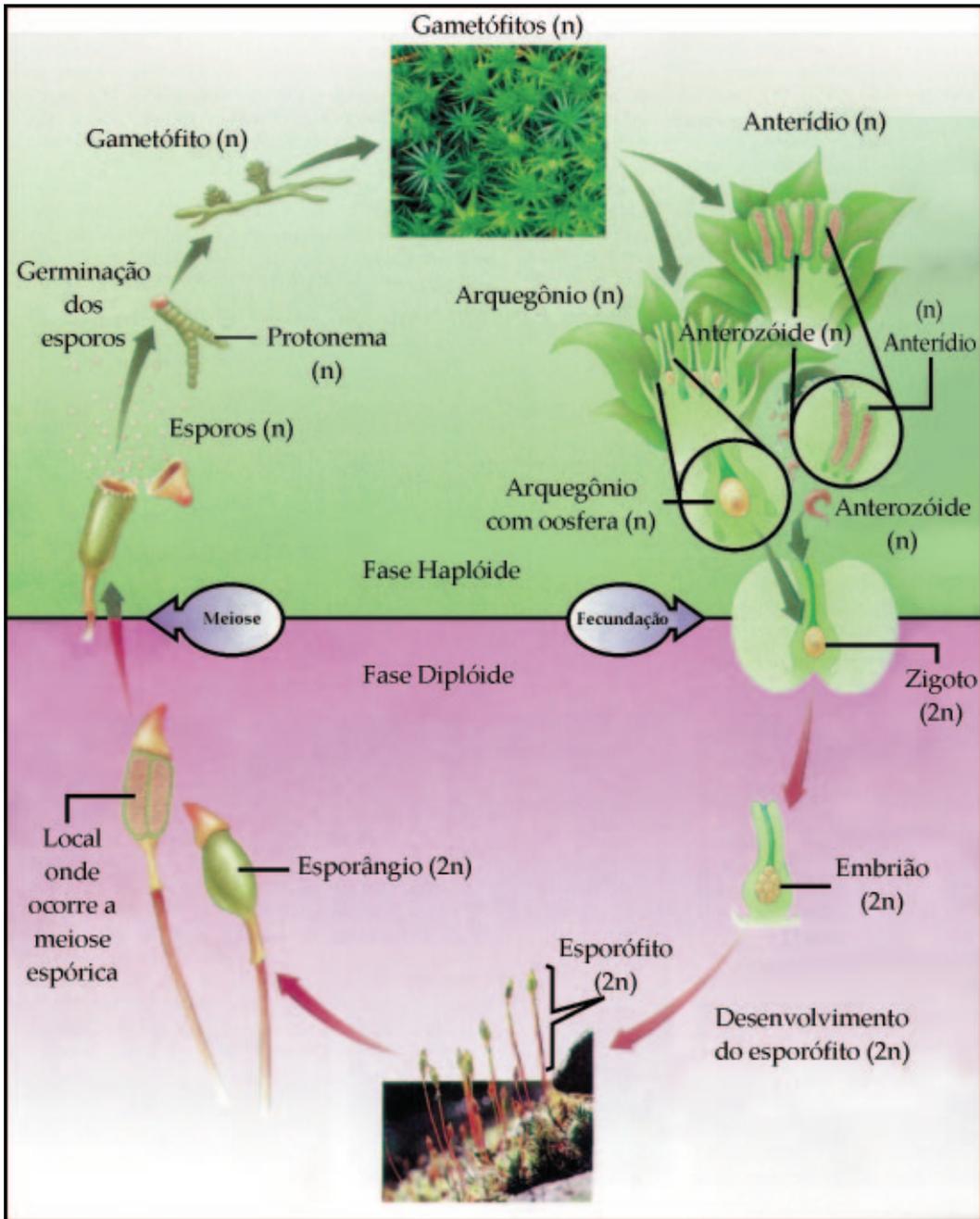
- eucariontes;
- clorofiladas, sendo, portanto, autótrofas;
- apresentam tecidos organizados, mas não possuem vasos condutores;

- o transporte de líquido é lento, o que determina um pequeno tamanho;
- vivem apenas em ambientes terrestres úmidos ou em água doce.
- não produzem flores, sementes, nem frutos.

### 2.3. Reprodução

Todas as briófitas apresentam ciclo reprodutivo com alternância de gerações ou **metagênese**. Assim, observa-se a existência de dois tipos de vegetais: o gametófito ( $n$ ) e o esporófito ( $2n$ ), sendo que o gametófito é a geração duradoura, mais desenvolvida e que vive mais tempo.





Ciclo de vida de uma briófitas: musgo

O gametófito é o vegetal desenvolvido, geralmente dióico, ou seja, de sexos separados. Cada gametófito possui rizóides, caulóide e filóides, formando gametângios em sua extremidade.

O gametângio masculino é denominado **anterídio** e forma gametas chamados **anterozóides**, pequenos e flagelados. O gametângio feminino é o **arquegônio**, contendo o gameta chamado **oosfera**, sendo imóvel e dotado de muitas reservas.

A fecundação depende da água de chuva ou orvalho; uma gota cai sobre a planta masculina, reparte-se em diversas gotículas, carregando anterozóides. Uma dessas gotículas pode cair sobre uma planta feminina e os anterozóides nadam até a oosfera, fecundando-a. Forma-se então o zigoto ( $2n$ ). Esse tipo de fecundação, que depende de água, recebe o nome de **oogamía**.

O zigoto formado sofre mitoses e dele se origina um embrião ( $2n$ ). O arquegônio acaba se rompendo com o desenvolvimento do embrião. O embrião desenvolve-se em um esporófito ( $2n$ ), que é dependente do gametófito. O esporófito tem três partes: pé, haste, cápsula ou esporângio.

O esporângio fica na extremidade do esporófito. É envolvido por uma estrutura chamada **calíptra** que representa restos do arquegônio, sendo, por isso, haplóide. O esporângio tem também um opérculo que fecha sua cavidade.

No interior do esporângio há células-mães-de-esporos ( $2n$ ) que se dividem por meiose e formam esporos, liberados em tempo mais seco.

Cada esporo, caindo em ambiente úmido e sombreado, germina e forma uma rede de filamentos, o protonema. Do protonema, saem vários gametófitos do mesmo sexo, fechando o ciclo.

### 3. Pteridófitas

#### 3.1. Introdução às Traqueófitas

Há dois grupos de plantas terrestres: briófitas e traqueófitas. Briófitas são avasculares e as traqueófitas, vasculares. Traqueófitas compreendem pteridófitas, gimnospermas e angiospermas.

Nas traqueófitas, a presença de vasos e a maior rapidez no transporte de seiva permitem que essas plantas atinjam um grande tamanho, com algumas árvores crescendo até mais de cem metros de altura. A presença de vasos possibilita também a reposição da água perdida na transpiração, facilitando a ocupação de ambientes secos.

Nas briófitas, o transporte de água ocorre de modo mais lento. Com isso, não podem atingir grande tamanho, nem podem viver em ambiente seco, pois perderiam mais água do que conseguiriam repor.

Quanto à reprodução, briófitas e traqueófitas apresentam alternância de gerações ou metagênese. No entanto, as briófitas têm como vegetal mais complexo e duradouro o gametófito, enquanto as traqueófitas apresentam o esporófito como vegetal duradouro.

Grupo	Briófitas	Traqueófitas
Fase duradoura	gametófito ( $n$ )	esporófito ( $2n$ )

#### 3.2. Representantes e Características

Há inúmeras espécies de **pteridófitas**, entre as quais se destacam a samambaia, a avenca e o xaxim.



Xaxim



Samambaia



O grupo das pteridófitas é muito importante sob o ponto de vista evolutivo, sendo o primeiro a apresentar vasos condutores. Isso explica o grande porte que alguns indivíduos chegam a ter, como certos tipos de samambaiaçu, com mais de 25 m de comprimento.

As principais características das pteridófitas são:

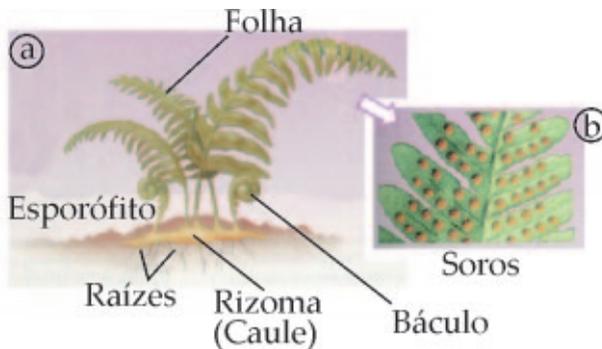
- eucariontes;
- clorofiladas e autótrofas;
- apresentam tecidos e vasos condutores;
- o transporte é rápido, possibilitando o grande porte de alguns representantes;
- não formam sementes, flores, nem frutos.

### 3.3. Reprodução

O ciclo reprodutivo das pteridófitas tem nítida metagênese, sendo o esporófito o vegetal duradouro.

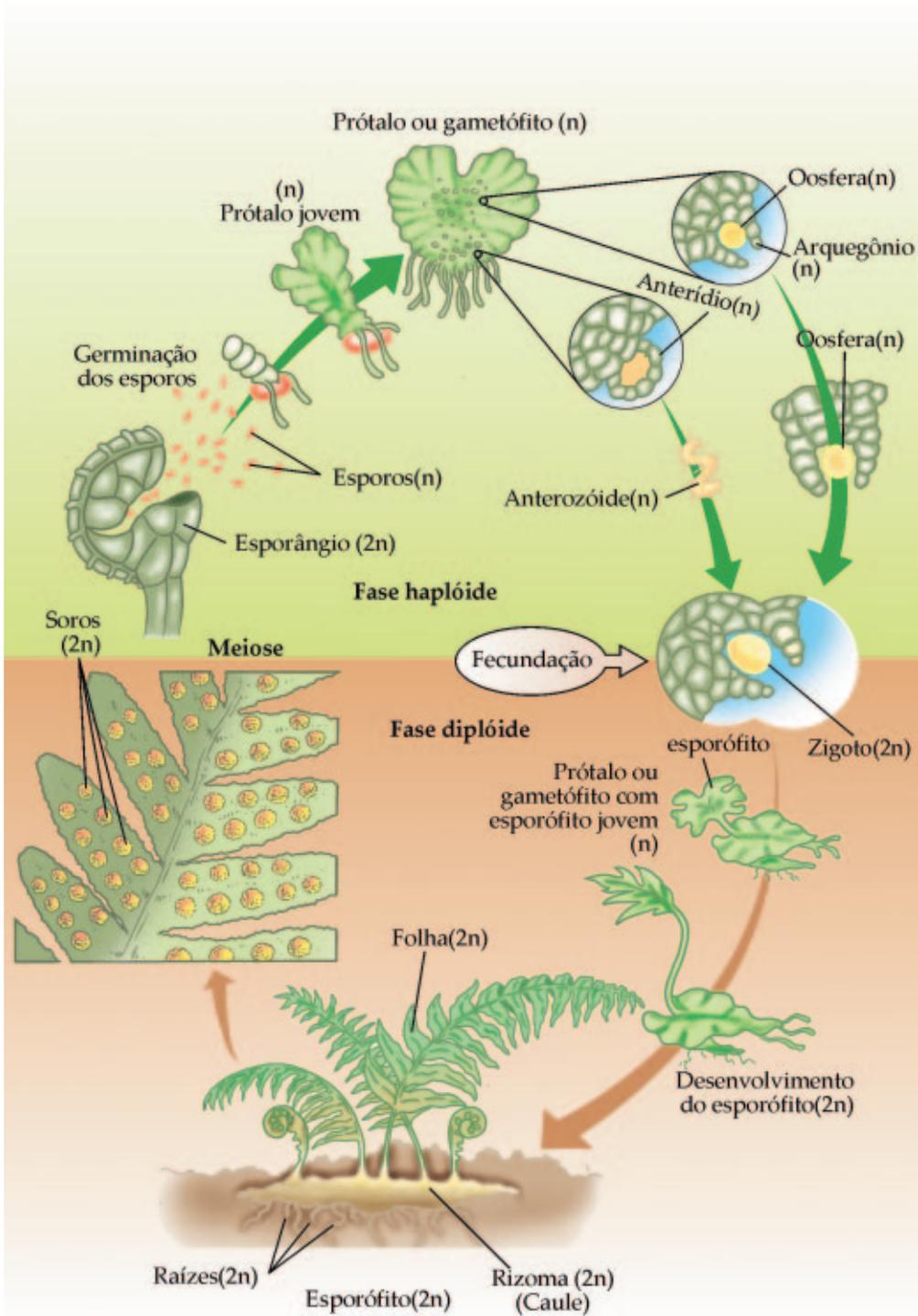
O corpo de uma samambaia apresenta um caule subterrâneo chamado **rizoma** que se desenvolve paralelamente à superfície da terra. Frequentemente o rizoma sai do solo e forma o conhecido eixo com uma cobertura macia, com aspecto de "pêlos"; essa estrutura é muito empregada para se tirarem mudas de samambaia, um processo assexuado de reprodução.

Do rizoma, saem raízes **adventícias** e também folhas, divididas em pequenas lâminas chamadas **folíolos**. Na extremidade de cada folha está a região responsável pelo crescimento, de aspecto recurvado. Numa folha jovem, essa organização é bastante evidente. Samambaias e pteridófitas, de uma forma geral, são também denominadas **fetos** devido ao formato de suas folhas. Folhas jovens recebem o nome de **báculo**.



Organização de uma samambaia:  
a) Samambaia  
b) Detalhe da folha com soros

Nos folíolos podem se desenvolver os **soros**, pequenos pontos escuros e que correspondem a um agrupamento de esporângios.



Ciclo de vida de uma pteridófita – Samambaia



O esporângio possui forma arredondada, tendo um anel de reforço dotado de células com parede espessa. No interior do esporângio, há células-mães de esporo (esporócitos) que sofrem meiose, gerando **esporos**.

Esporos são células haplóides, sendo liberadas em tempo mais seco. Quando o esporângio está maduro e a umidade relativa do ar cai, ele se abre e expulsa os esporos de modo explosivo. Quando caem em local úmido e sombreado, começa a germinação, determinando a formação de gametófitos.

O gametófito ou prótalo (n) é uma planta verde, avascular, em forma de lâmina, com o aspecto de um coração, tendo em torno de 1 cm. Em sua face inferior, possui rizóides que fazem fixação e absorção de água e sais. O prótalo é monóico, tendo **gametângios** masculinos e femininos.

- Os gametângios masculinos são os anterídios que produzem anterozóides flagelados.
- Os gametângios femininos são os arquegônios, produtores de oosferas.

A fecundação depende de água, sendo do tipo oogamia. O produto da fecundação é um zigoto (2n), que sofre mitose, originando um embrião (2n). Posteriormente, o embrião desenvolve-se em um jovem esporófito, completando o ciclo. O gametófito degenera em pouco tempo.

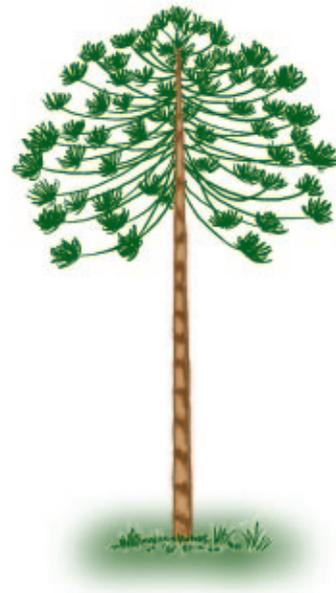
## 4. Gimnospermas

### 4.1. Representantes

As gimnospermas incluem os pinheiros, como *Pinus* e *Araucaria* (pinheiro-do-paraná); outras gimnospermas representativas são os ciprestes, as sequóias e as *Cycadaceas*.



*Pinus*



*Araucaria*



Base de sequóia, planta que pode ter mais de 100 m de altura



*Cycadacea*, com aspecto semelhante a uma palmeira

#### 4.2. Características Gerais

Todas as gimnospermas apresentam algumas características comuns:

- eucariontes;
- clorofiladas e autótrofas;
- dotadas de tecidos, inclusive vasos condutores;
- podem ter porte muito elevado;
- possuem sementes nuas, isto é, sementes desprovidas de fruto, o que caracteriza o nome do grupo (*gymno* = nua; *sperma* = semente).

O estudo da araucária serve como exemplo para as gimnospermas. A planta é o esporófito, que tem raiz, caule e folhas. As folhas são denominadas acículas, sendo uma adaptação a ambientes frios.

Araucária tem estruturas reprodutoras masculinas e femininas em plantas diferentes. As estruturas reprodutoras são bastante complexas, sendo denominadas pinhas, cones ou estróbilos. Os estróbilos têm um eixo central de onde saem espessas placas escuras. Os estróbilos masculinos são menores que os femininos.

- Estróbilos ♂: microstróbilos
- Estróbilos ♀: megastróbilos



Microstróbilos ♂



Megastróbilos ♀

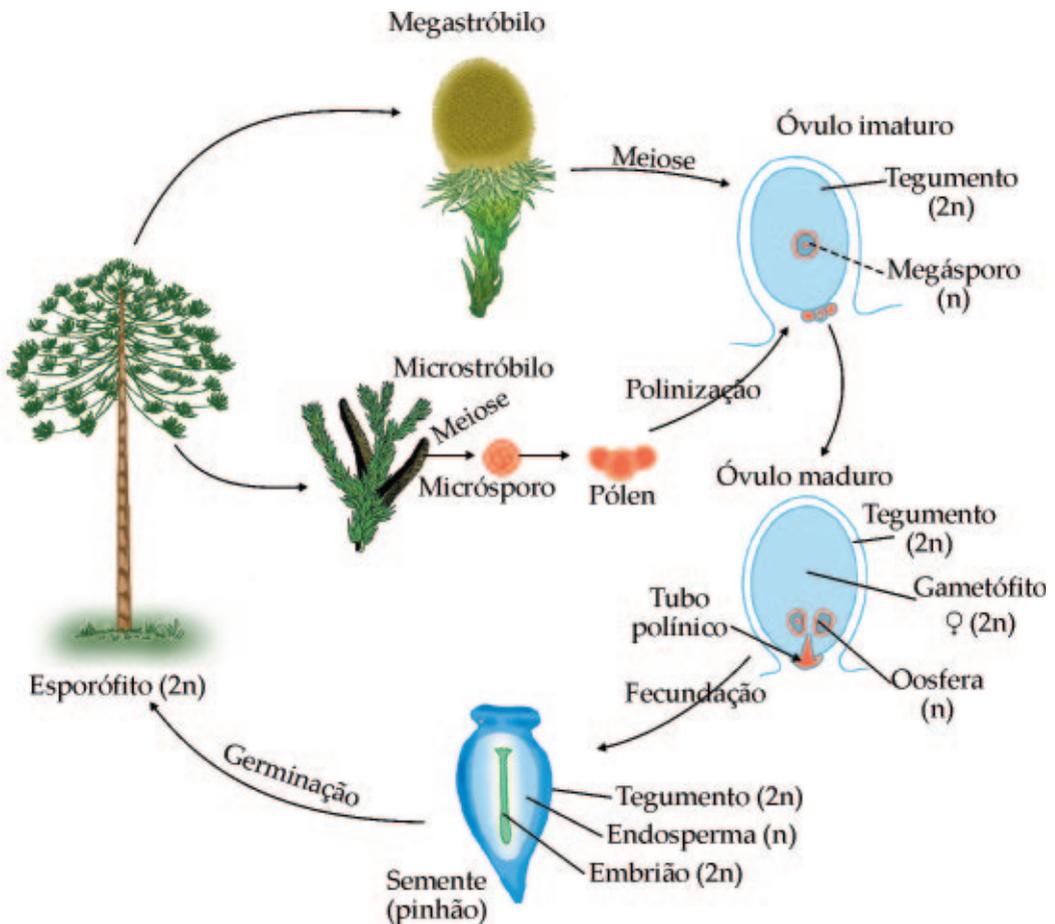


No interior dos estróbilos são produzidos esporos. Gimnospermas se formam por meio de dois tipos de esporos, caracterizando o processo de *heterosporia*. Os esporos menores são micrósporos e os maiores megásporos. Micrósporos são formados em microstróbilos e originam gametófitos masculinos; megásporos são produzidos em megastróbilos e formam gametófitos femininos.



### 4.3. Ciclo Reprodutivo

Os principais passos do ciclo de Araucária estão representados no ciclo a seguir:



## I. Gametófito masculino

Os micrósporos são produzidos no interior de sacos polínicos dos microstróbilos. Cada micrósporo sofre mitose e origina um grão de pólen, que é o gametófito masculino jovem.

Grão de pólen = gametófito ♂ jovem

Os grãos de pólen têm expansões laterais que facilitam seu transporte até os megastrobilos (♀). Essa polinização é denominada anemofilia e envolve a produção de uma grande quantidade de pólen.

## II. Gametófito feminino

Os megásporos são produzidos no interior dos megastrobilos, em estruturas denominadas **óvulos**. Cada óvulo tem um envoltório, chamado tegumento (2n) e um megásporo. O megásporo sofre mitose e origina um gametófito feminino (n), também conhecido como saco embrionário, sendo dotado de várias oosferas (os gametas femininos).

## III. Fecundação

Os grãos de pólen são levados pelo vento até o óvulo. Cada grão de pólen cresce e forma o tubo polínico, que se dirige a uma oosfera. No interior do tubo polínico encon-

tram-se os gametas masculinos: os núcleos gaméticos ou espermáticos. A fecundação não depende de água, sendo do tipo sifonogamia.

Com a fecundação, forma-se o zigoto (2n) que se desenvolve num embrião. Assim, o óvulo fecundado origina uma semente. Cada semente possui:

- uma casca, denominada tegumento (2n);
- uma reserva nutritiva, conhecida como endosperma (n), que corresponde ao próprio corpo do gametófito feminino;
- um embrião (2n).

A semente é o conhecido **pinhão**, que cai no solo e pode germinar, formando um novo pinheiro.

## IV. Correspondência de Estruturas

Árvore de araucária = esporófito

Pinha = estróbilo

Grão de pólen = gametófito ♂ jovem

Tubo polínico = gametófito ♂ maduro

Núcleo espermático = gameta ♂

Óvulo maduro = contém gametófito ♀

Oosfera = gameta ♀

Pinhão = semente



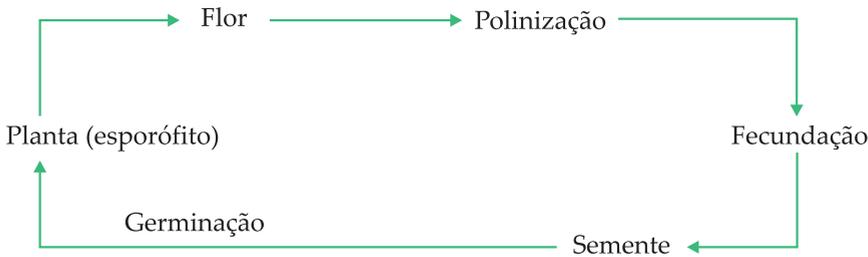
# Capítulo 03. Angiospermas

Angiospermas constituem o grupo de plantas com maior número de espécies; são caracterizadas pela presença de **fruto** envolvendo as sementes. É o caso de ameixeiras, limoeiros, mamoeiros, milho e uma infinidade de outras plantas.

O esporófito de uma angiosperma apresenta:

- **estruturas vegetativas**, compreendendo raiz, caule e folhas;
- **estruturas reprodutivas**, responsáveis pela reprodução sexuada, envolvendo flor, fruto e semente.

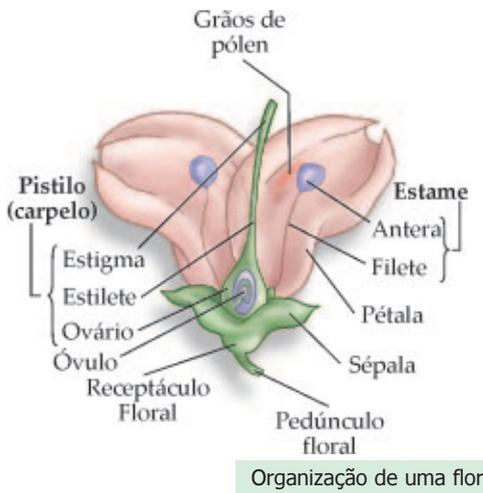
Com a germinação da semente, forma-se uma nova planta; quando adulta, essa planta produz flores que formam frutos e sementes em seu interior.



Ciclo de vida de uma angiosperma.

## 1. Flor

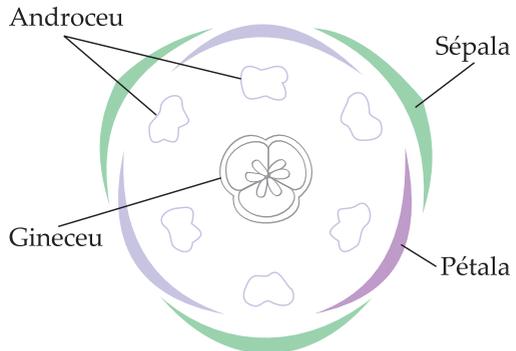
Um primeiro passo, para se compreender a reprodução das angiospermas, é estudar a estrutura da flor.



Organização de uma flor

- **pedúnculo**: corresponde ao cabo da flor;
- **receptáculo**: é a parte terminal e dilatada do pedúnculo, onde se prendem as peças da flor;
- **verticilos florais**: são as folhas modificadas da flor. Um corte da flor em botão, junto ao receptáculo, mostra que os verticilos, em geral, dispõem-se em círculos concêntricos.

Os verticilos florais são **cálice, corola, androceu e gineceu**.



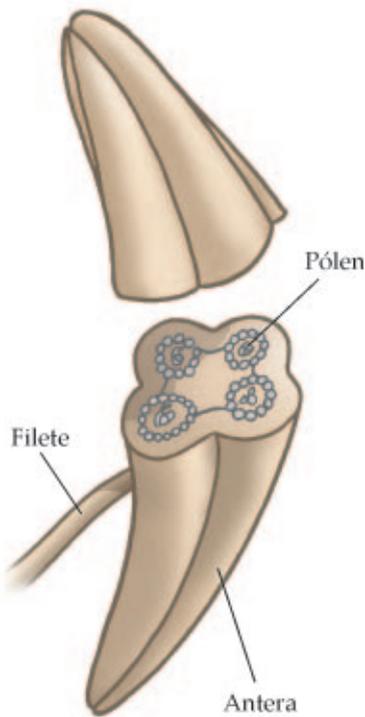
Corte da flor rente ao receptáculo (os verticilos aparecem em círculos concêntricos)

### 1.1. Partes

Flor é um ramo modificado, com função reprodutora. Uma flor completa apresenta as seguintes partes:

O cálice é constituído por folhas verdes de função protetora, denominada **sépalas**. A corola é formada por **pétalas**, geralmente coloridas, que, além de proteção, são responsáveis pela atração de agentes polinizadores, tais como pássaros e insetos. Cálice e corola formam o **perianto**.

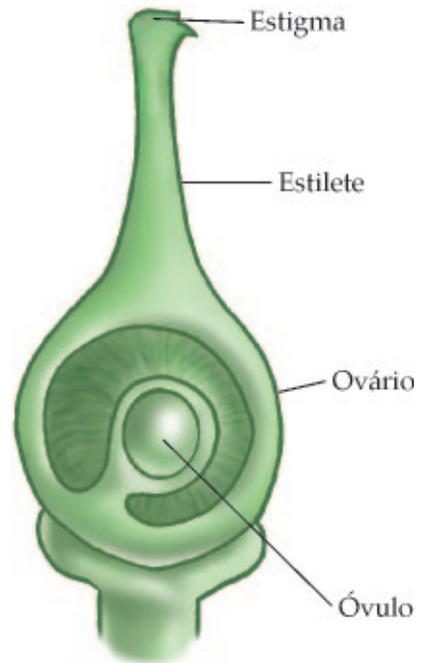
Internamente ficam as estruturas mais diretamente relacionadas com a reprodução. O androceu é constituído por **estames**, cuja função é produzir e dispersar **grãos de pólen**. Cada estame tem um cabinho chamado **filete**, na extremidade do qual fica a **antera**, produtora de pólen.



Estame e suas partes componentes

Em posição mais central na flor, encontra-se o **gineceu**, constituído por um ou mais **pistilos**, também chamados de **carpelos**. Cada pistilo tem três partes:

- **estigma**: é a extremidade que recebe os grãos de pólen, podendo apresentar um material viscoso que facilita sua aderência;
- **estilete**: corresponde ao cilindro que fica abaixo do estigma;
- **ovário**: parte da base, dilatada, que contém **óvulos**, elementos femininos de reprodução.



Pistilo e suas partes componentes

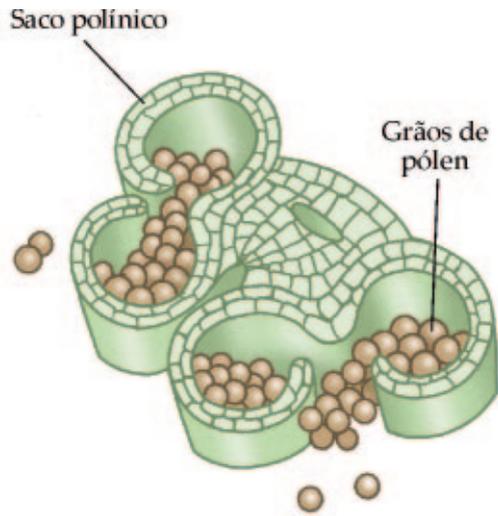
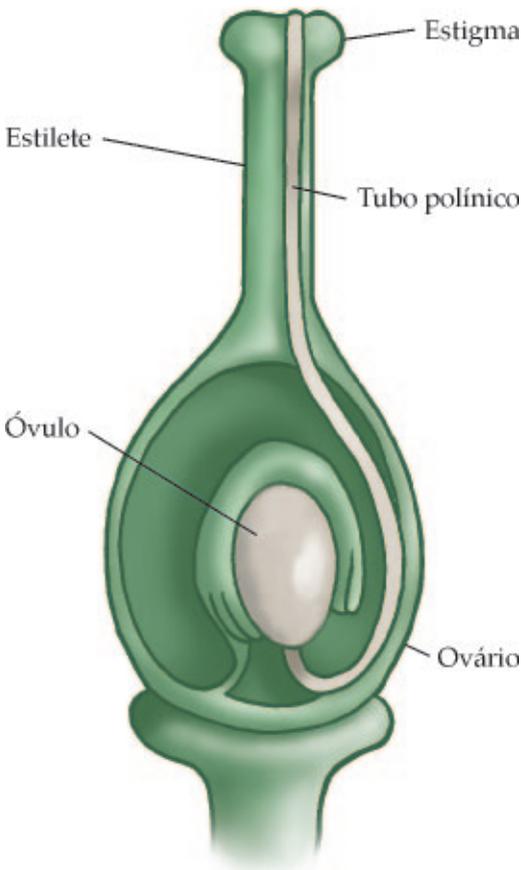
## 1.2. Flor e Reprodução

Os grãos de pólen são transportados da antera para o estilete pelo vento ou por animais, conforme a espécie. Posteriormente, o pólen vai crescendo através do estilete, formando o **tubo polínico**, que atinge o óvulo, ocorrendo então a **fecundação**.



## 2. Gametófito Masculino

A antera possui quatro cavidades denominadas sacos polínicos, contendo células-mães de esporo ( $2n$ ). Essas células se dividem por meiose, gerando quatro esporos haplóides ( $n$ ), conhecidos como **micrósporos** ( $n$ ). Cada micrósporo sofre uma divisão mitótica, gerando uma estrutura com dois núcleos, o **grão de pólen**, que corresponde ao gametófito masculino jovem.



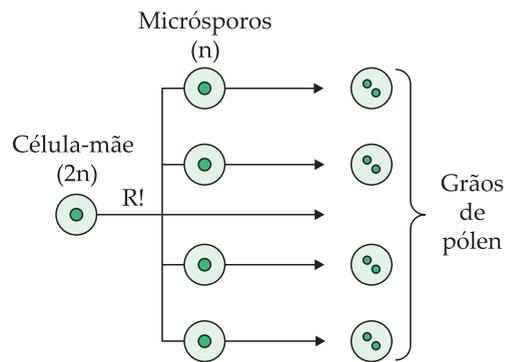
Antera em corte transversal

A fecundação

O óvulo fecundado transforma-se numa **semente** e, além disso, produz hormônios de crescimento, que atuam no ovário, determinando seu desenvolvimento em **fruto**.

<b>Semente</b>	É o óvulo fecundado e desenvolvido.
<b>Fruto</b>	É o ovário desenvolvido.

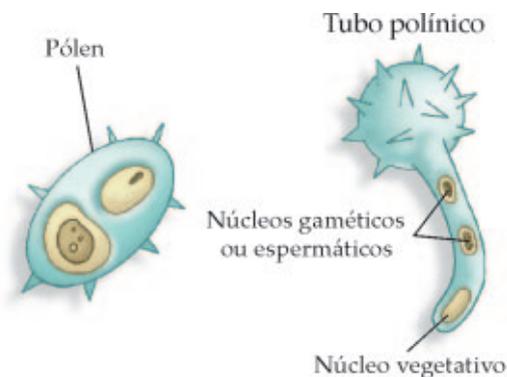
No interior da semente, há uma plantinha, chamada **embrião**. Quando a semente está num ambiente adequado em termos de temperatura, umidade e oxigênio, poderá germinar, e o embrião acaba se desenvolvendo numa planta adulta.



Formação do grão de pólen

Quando o pólen chega ao pistilo, cresce dentro do estilete e forma o tubo polínico, o gametófito masculino maduro.

Um dos dois núcleos do tubo polínico é denominado **núcleo vegetativo** e controla seu desenvolvimento. O outro núcleo divide-se em dois **núcleos gaméticos** ou espermáticos, que correspondem a gametas masculinos. Não há anterozóides e a fecundação não depende de água, recebendo o nome de **sifonogamia**.



### 3. Polinização

A polinização representa uma das etapas fundamentais na reprodução das angiospermas. Além do aspecto da Biologia vegetal, a polinização apresenta aspectos ecológicos e evolutivos intrigantes.

#### 3.1. Definição

Polinização é o transporte de pólen da antera para o estigma da flor. Pode ocorrer envolvendo elementos reprodutivos da mesma planta, sendo denominada **autopolinização**. No caso de envolver o transporte de pólen de uma planta para outra, recebe o nome de **polinização cruzada**, que propicia maior intercâmbio genético e, portanto, maior variabilidade genética.

#### 3.2. Polinização Cruzada

Entre as diversas espécies de angiospermas, podem-se encontrar vários tipos de agentes polinizadores, incluindo-se o vento, animais e, mais raramente, a água.

- vento: anemofilia
- insetos: entomofilia
- pássaros: ornitofilia
- morcegos: quiropterofilia

#### 3.3. Polinização por Animais

A polinização realizada por insetos pode servir como modelo do processo. Há muitos insetos polinizadores, tais como abelhas, besouros, borboletas etc.

O inseto é atraído pela flor através da cor e do odor. O animal pode então entrar na flor em busca de alimento, em alguns casos o néctar, um líquido açucarado; em outros casos, o alimento é constituído por pólen comestível. Enquanto o animal está se alimentando, pode cair pólen no seu corpo, aderindo-se a ele. Quando o inseto levanta vôo, leva uma certa quantidade de pólen, que ele deixa no estigma de outra flor que vai visitar. Esse processo tem uma eficiência muito maior do que a polinização executada pelo vento, requerendo assim uma quantidade de pólen bem menor.

Na polinização feita por pássaros, por exemplo, o beija-flor, há atração por flores coloridas; o odor não é um apelo forte para os pássaros. O formato das flores é, em alguns casos, bastante adaptativo: pétalas fundidas, formando uma espécie de tubo, com o néctar no fundo e deixando para fora apenas os elementos reprodutores. Quando o beija-flor introduz seu longo bico, toca a cabeça na antera e nela o pólen se adere.

Posteriormente, ao visitar outra flor, ele deixa pólen no estigma, que, normalmente, tem posição mais elevada do que a antera.



O beija-flor alimentando-se e realizando polinização



Os morcegos têm hábitos noturnos e sua visão é pouco aguçada. Há morcegos hematófagos, mas muitas espécies alimentam-se de insetos ou de frutos e flores. No caso de polinização feita por morcegos, a atração envolve flores de cor clara e, muitas vezes, com abertura apenas à noite. Elas costumam desprender um odor intenso, importante na orientação do animal, que, ao se alimentar, acaba levando pólen aderido ao seu corpo.

### 3.4. Polinização pelo Vento

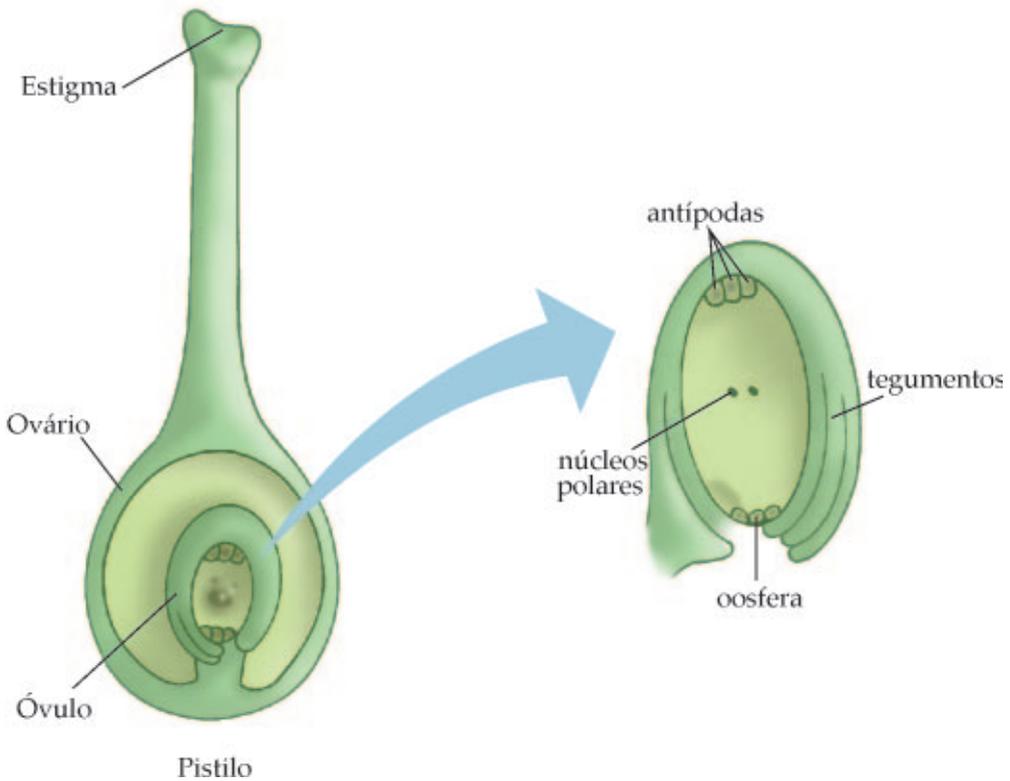
Essa forma de polinização ocorre em plantas dotadas de flores pouco atraentes, isto é, sem cor vistosa e sem odor. O pólen é seco e abundante, compensando a baixa probabili-

dade de se efetivar a polinização. A parte feminina também pode contribuir, com um estigma de grande superfície.

## 4. Gametófito Feminino

O pistilo de uma flor de angiosperma tem três partes: estigma, estilete e ovário. No interior do ovário, há um ou vários óvulos.

Cada óvulo maduro é constituído por dois envoltórios diplóides, os **tegumentos**, que protegem o **gametófito feminino** haplóide. O gametófito feminino é também chamado de **saco embrionário**, pois, após a fecundação, será formado um embrião em seu interior.



Organização do óvulo

O gametófito feminino consta de sete células:

- a **oosfera** está localizada próxima à abertura do óvulo e corresponde ao gameta feminino;
- **sinérgides** são as duas células que ficam de cada lado da oosfera; auxiliam no processo de fecundação e são consideradas como componentes de um arquegônio vestigial;

- **antípodas** são três células que se localizam na extremidade oposta à da oosfera;
- dois **núcleos polares** estão no centro de uma grande célula do gametófito feminino; essa célula participa na formação da reserva da semente.

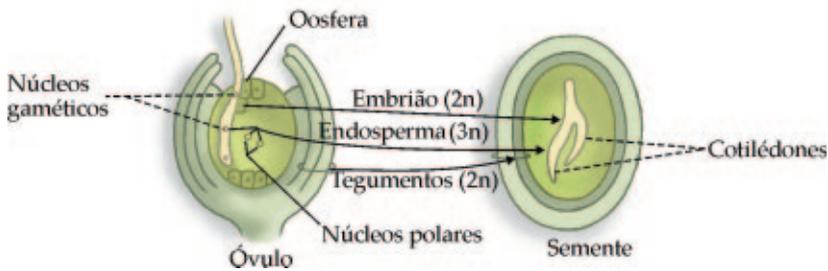
De todas essas estruturas, destacam-se pela sua importância a oosfera e os núcleos polares.

## 5. Fecundação

O óvulo fecundado origina a semente. Inicialmente, o tubo polínico cresce por meio do estilete e penetra no óvulo por meio de uma das sinérgides. Ocorre, então, a chamada **dupla fecundação**:

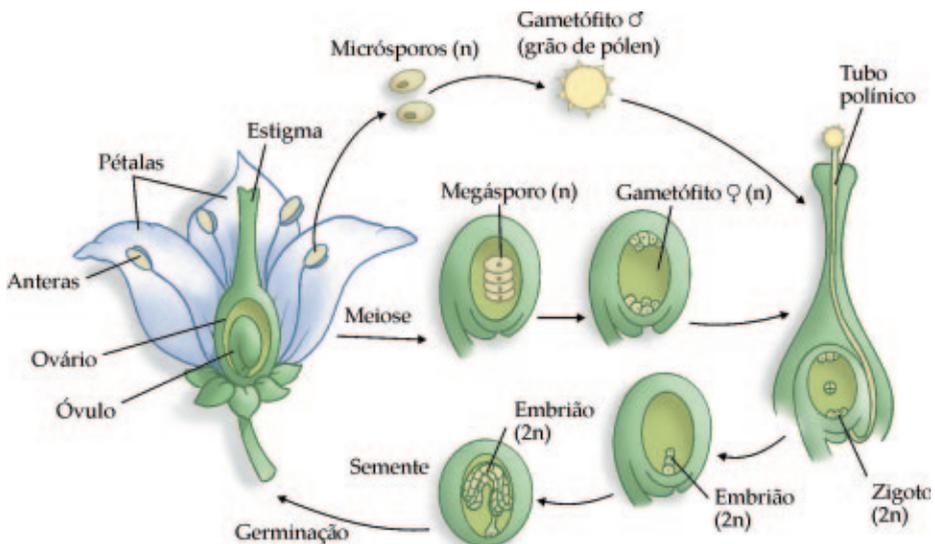
- um núcleo gamético funde-se com a oosfera, originando um zigoto ( $2n$ ) que, sofrendo mitoses, vai formar um embrião;
- outro núcleo gamético une-se aos dois núcleos polares, gerando um núcleo triploide ( $3n$ ). A célula de que esse núcleo faz parte divide-se por mitoses e forma o tecido de reserva, chamado **endosperma**, que é ( $3n$ ).

Os tegumentos do óvulo fundem-se e fecham a abertura do óvulo, originando a casca da semente.



## 6. Ciclo de Vida

A figura abaixo mostra as etapas principais do ciclo de vida de uma angiosperma.





- O esporófito é o vegetal duradouro. Na flor fica o gametófito reduzido e dependente do esporófito.
- Ocorre heterosporia, isto é, as angiospermas produzem dois tipos de esporos por meiose: micrósporos e megásporos.
- Micrósporos são produzidos no interior da antera. Cada micrósporo gera um grão de pólen (gametófito masculino jovem), dotado de dois núcleos. O grão de pólen forma o tubo polínico, que contém dois núcleos espermáticos (gametas masculinos).
- O megásporo forma o gametófito feminino ou saco embrionário, que fica no interior do óvulo. O saco embrionário possui uma oosfera e dois núcleos polares.
- A fecundação é dupla, não depende da água e envolve crescimento do tubo polínico até o óvulo. Um núcleo espermático une-se à oosfera e gera um zigoto, que se desenvolve no embrião (2n). Outro núcleo espermático une-se aos dois núcleos polares, formando uma célula que origina o endosperma (3n).

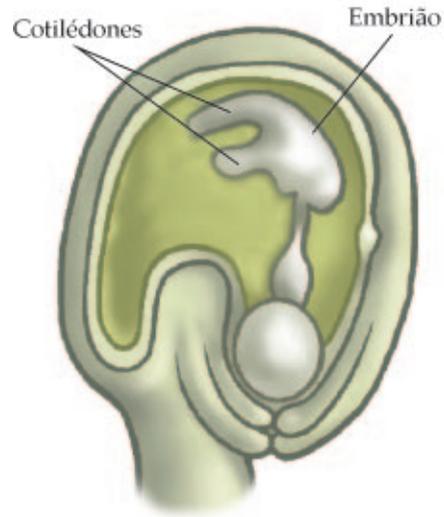
## 7. Semente

As gimnospermas e as angiospermas são as únicas plantas atuais que possuem sementes, estruturas fundamentais na conquista do ambiente terrestre.

Semente é o óvulo fecundado e desenvolvido. O óvulo das angiospermas é uma estrutura muito complexa; sua organização será mostrada mais adiante, no final destes módulos.

Uma semente apresenta basicamente três componentes: uma casca, reserva nutritiva e um embrião que fica, dessa forma, protegido. Quando as condições ambientais são favoráveis, o embrião inicia seu desenvolvimento, dispondo de alimento para fornecimento de energia e matéria-prima para crescer. Após algum tempo, a planta produz seu próprio alimento orgânico através da fotossíntese.

O embrião apresenta um **eixo** que se desenvolve na planta propriamente dita; esse eixo forma folhas modificadas, os **cotilédones**, cuja função principal é transferir as reservas da semente para o embrião.



O embrião e cotilédones

Algumas angiospermas possuem apenas um cotilédone, sendo chamadas **monocotiledôneas**, como é o caso do milho e do arroz; outras possuem dois cotilédones, recebendo o nome de **dicotiledôneas**, como por exemplo, a mamona.

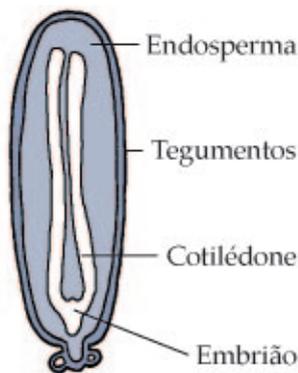
O grão de milho é, na realidade, um fruto cujo interior é ocupado por uma grande semente. A semente do milho possui dois tegumentos, um embrião e uma reserva nutritiva, chamada **endosperma**, um tecido triploide, como se verá adiante.



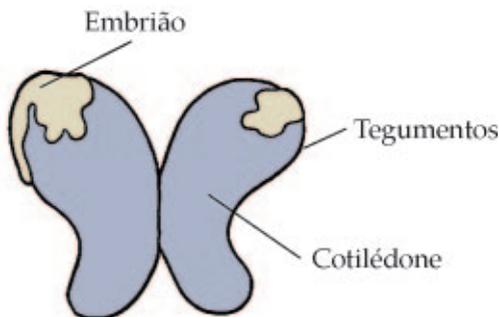
Grão de milho, fruto que contém uma semente

A mamona apresenta frutos arredondados, bastante conhecidos, em cujo interior ficam as sementes. Cada semente tem também dois tegumentos, endosperma triplóide e um embrião com dois cotilédones.

Entre as dicotiledôneas há sementes que apresentam uma interessante variação em relação à organização apresentada na mamona. É o caso, por exemplo, do feijão.



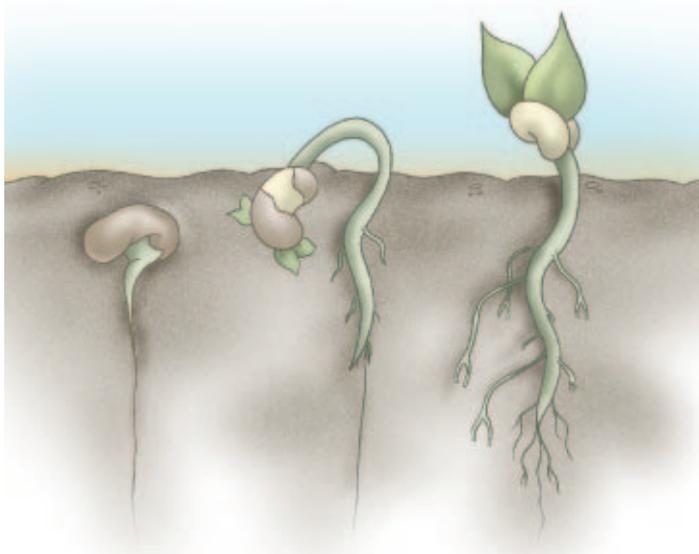
Semente de mamona



Semente de feijão

O fruto do feijão é a vagem e os grãos correspondem às sementes. Cada semente tem dois tegumentos e um embrião dotado de dois cotilédones hipertrofiados, onde se concentram as reservas, não havendo endosperma nesse tipo de semente.

Com a germinação, o embrião deixa o interior da semente. Primeiro, sai a jovem raiz e, depois, a parte aérea. Logo de início, observam-se duas folhas na extremidade; elas correspondem às folhas primárias já presentes no embrião. De cada lado da plantinha em desenvolvimento, notam-se duas massas espessas, cheias de reservas; são os cotilédones, que vão murchando com o passar do tempo até caírem, uma vez que estão fornecendo materiais para a planta.



Germinação do feijão



## 8. Classificação das Angiospermas

As angiospermas são tradicionalmente divididas em dois grandes grupos, as **monocotiledôneas** e as **dicotiledôneas**, conforme tenham um ou dois cotilédones, respectivamente. No entanto, podem-se usar a raiz, o caule, a flor e o fruto da planta para identificar o grupo de angiosperma a que ela pertence.

### 8.1. Monocotiledôneas

Nesse grupo estão incluídas as **gramíneas**, como arroz, milho, capim, trigo, cevada etc.

Essas plantas têm muitas raízes saindo diretamente do caule e se ramificando bastante, não existindo nenhum eixo central, recebendo a denominação de raízes em **cabeleira** ou **raízes fasciculadas**. Suas folhas são dotadas de nervuras que se dispõem paralelamente ao longo do seu maior comprimento, sendo chamadas folhas **paralelinérveas**.

As flores de monocotiledôneas, em geral, apresentam os verticilos constituídos em número de três ou múltiplo de três, sendo então chamadas de flores **trímeras**.

### 8.2. Dicotiledôneas

Nesse grupo está incluída a família das **leguminosas**, cujos principais exemplos são: feijão, soja, ervilha, amendoim, pau-brasil, ipê, jatobá etc.

Essas plantas têm uma raiz principal de onde saem várias raízes secundárias, recebendo a denominação de **raiz axial** ou **pivotante**. Suas folhas apresentam uma nervura principal de onde saem várias nervuras que se ramificam bastante; essas folhas são chamadas **reticulínérveas**.

As flores de dicotiledôneas geralmente apresentam os verticilos constituídos em número de cinco ou múltiplo de cinco; essas flores são denominadas **pentâmeras**. São mais raras as dicotiledôneas com flores **tetrâmeras**.

No interior do caule, há vasos condutores de seiva, que se agrupam formando feixes, cuja disposição varia conforme o grupo de angiospermas considerado. Assim, nas monocotiledôneas, os feixes têm uma disposição **irregular**, enquanto nas dicotiledôneas eles estão dispostos de modo **regular**.

	Cotilédones	Nervuras nas folhas	Peças florais	Distribuição dos vasos condutores no caule
Monocotiledôneas				
	1 cotilédone	Paralelas	Em número de 3 ou múltiplos	Irregular
Dicotiledôneas				
	2 cotilédones	Reticuladas	Em número de 4 ou 5 ou múltiplos	Regular

### 9. Fruto

As angiospermas são identificadas pela presença de fruto envolvendo a semente. Pode-se atribuir ao fruto uma parcela do sucesso evolutivo do grupo e seu elevadíssimo número de espécies.

#### 9.1. Origem

Após a polinização, ocorre o crescimento do tubo polínico, que promove a fecundação do óvulo. O óvulo fecundado produz hormônio de crescimento, que atua na parede do ovário, determinando seu desenvolvimento em fruto. Assim, pode-se dizer que:

Fruto é o ovário desenvolvido.

Um fruto apresenta três partes: epicarpo, mesocarpo e endocarpo.



Organização de um abacate

#### 9.2. Funções

O fruto tem uma função bastante evidente que é a **proteção** da semente, que, por sua vez, protege o embrião. Assim, nas angiospermas, o embrião fica duplamente protegido, assegurando melhores condições de sobrevivência na fase mais frágil da vida da planta. Além disso, o fruto pode contribuir para realizar a **dispersão** da semente no ambiente, permitindo que os descendentes explorem uma área significativamente maior e também reduzindo a competição entre eles. A dispersão do fruto pode ocorrer através da água (coco), do vento (dente-de-leão), ou através de animais (carrapicho, picão).

#### 9.3. Particularidades

Até agora foi apresentada uma situação modelo em relação às estruturas reprodutoras das angiospermas. No entanto, há várias estruturas que fogem a esse padrão. É o caso de **inflorescência**, **infrutescência**, **frutos partenocárpicos** e **pseudofrutos**.

**Inflorescência** é um conjunto de flores bastante próximas. É o caso do girassol. Cada estrutura do girassol, popularmente chamada de "flor", é na realidade um conjunto de flores modificadas e agrupadas.

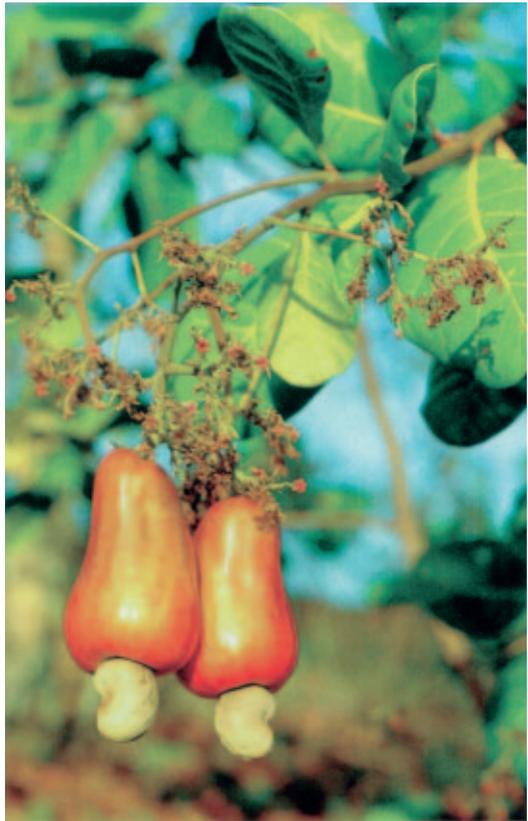
**Infrutescência** é um conjunto de frutos próximos. No cacho de uva, essa situação é bastante clara, assim como na espiga de milho, onde cada grão corresponde a um fruto.



**Pseudofrutos** são estruturas semelhantes a frutos mas que não se originam do ovário. Podem ser provenientes do pedúnculo, como é o caso do caju; a castanha é o fruto verdadeiro que contém uma semente.

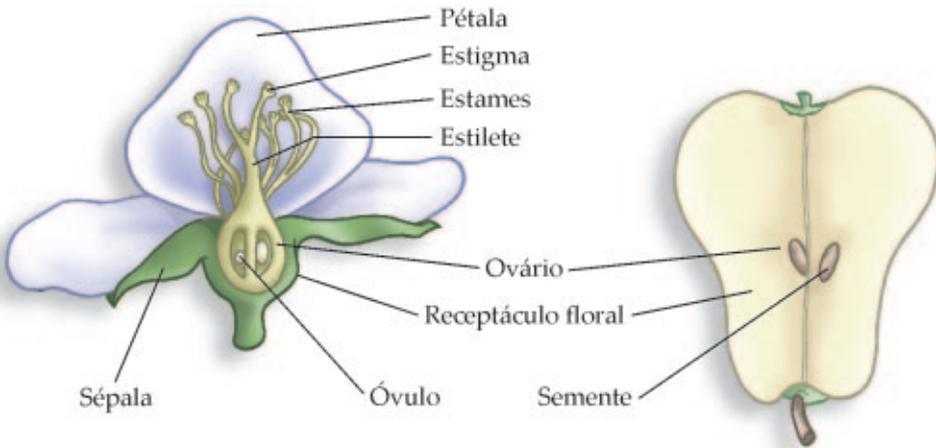


Milho com inflorescências masculinas e femininas e a infrutescência



O caju é um pseudofruto proveniente do pedúnculo floral (a castanha é o fruto verdadeiro)

A maçã e a pêra formam-se a partir do receptáculo da flor. O fruto é a parte central, onde se encontram as sementes.



Pêra: estrutura da flor e sua transformação em fruto com sementes

**Frutos partenocárpicos** são frutos que não possuem sementes. São exemplos a banana e a laranja baiana.

A origem do termo partenocárpico é "fruto virgem", ou seja, produzido sem ter ocorrido fecundação. Assim, os óvulos não se desenvolvem em sementes, apesar de produzirem hormônios de crescimento que atuam no ovário.

Há ainda casos mais complexos. O abacaxi, por exemplo, é uma infrutescência cujos frutos componentes não possuem sementes, ou seja, são partenocárpicos.



A infrutescência do abacaxi

O morango também apresenta uma notável particularidade: a polpa vermelha se forma a partir do receptáculo da flor, constituindo-se num pseudofruto. Já os pontinhos escuros de sua superfície são frutinhas, cada um contendo uma pequena semente.



A organização do morango



## Capítulo 04. Tecidos vegetais

Tecidos são camadas componentes dos órgãos, sendo constituídos por células semelhantes.

### 1. Tipos

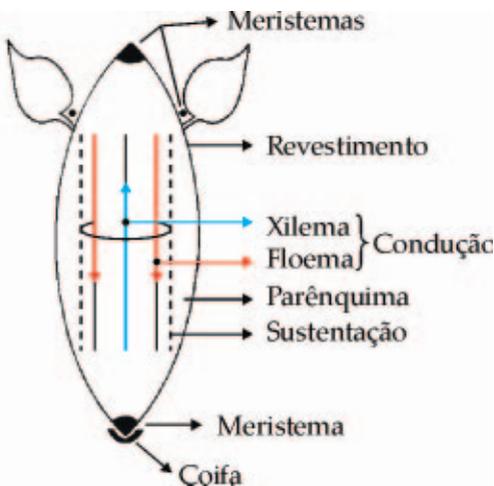
Há dois tipos principais de tecidos nas plantas: meristemáticos e permanentes.

#### 1.1. Tecidos Meristemáticos ou Meristemas

São constituídos por células vivas e que possuem grande capacidade de divisão; promovem o crescimento da planta e originam os tecidos permanentes. Há meristemas no ápice da raiz e nas gemas.

#### 1.2. Tecidos Permanentes

São mais especializados, mantendo as atividades vitais da planta. Há quatro tipos de tecidos permanentes: revestimento, condução, sustentação e os parênquimas.



Esquema dos principais tecidos de uma planta

I. **Tecidos de revestimento ou tegumentares** – Recobrem a superfície da planta, protegendo-a e realizando trocas gasosas com o meio. Há duas modalidades de tecido de revestimento: **epiderme** e **súber** (ou cortiça).

A epiderme é viva e delgada, recobrendo superfícies jovens da planta, enquanto o súber é morto, revestindo partes mais velhas do caule e da raiz.

II. **Tecidos de condução** – São constituídos por vasos condutores de seiva, que levam água e sais para as células fotossintetizantes e carregam os açúcares gerados por essas células às diversas partes da planta. A raiz retira do solo, através de seus pêlos absorventes, água e sais minerais; isso compõe a chamada **seiva bruta** ou **inorgânica**, que é transportada por vasos condutores conhecidos como **xilema** ou **lenho**. O xilema é o principal componente da madeira, servindo também como um importante elemento de sustentação. A seiva bruta é conduzida até as folhas, que realizam a fotossíntese, produzindo glicose. Água e glicose são os principais componentes da **seiva elaborada** ou **orgânica**, que é transportada até as raízes e outras regiões do vegetal por outros vasos, o **floema** ou **líber**. No caule, o xilema está situado mais internamente em relação ao floema.

III. **Tecidos de sustentação** – Mantêm a planta ereta. Além do xilema, há dois tipos de tecidos de sustentação: o colênquima (vivo e flexível) e o esclerênquima (morto e rígido).

IV. **Parênquima** – É um tecido vivo que realiza **preenchimento** de espaços entre os demais tecidos. Pode ainda executar outras funções, tais como o **armazenamento** de materiais e a **fotossíntese** (parênquima clorofiliano).

No quadro abaixo são mostrados os principais tecidos de uma planta e as funções que desempenham.

### Tecidos meristemáticos (vivos)

- { Crescimento
- { Formação dos tecidos permanentes

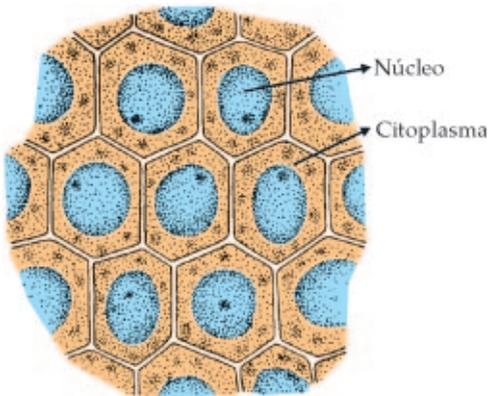
### Tecidos permanentes

- |                     |                   |             |                         |
|---------------------|-------------------|-------------|-------------------------|
| Parênquimas (vivos) | { Preenchimento   | Sustentação | { Xilema (morto)        |
|                     | { Fotossíntese    |             | { Colênquima (vivo)     |
|                     | { Armazenamento   |             | { Esclerênquima (morto) |
| Revestimento        | { Epiderme (viva) | Condução    | { Xilema (morto)        |
|                     | { Súber (morto)   |             | { Floema (vivo)         |

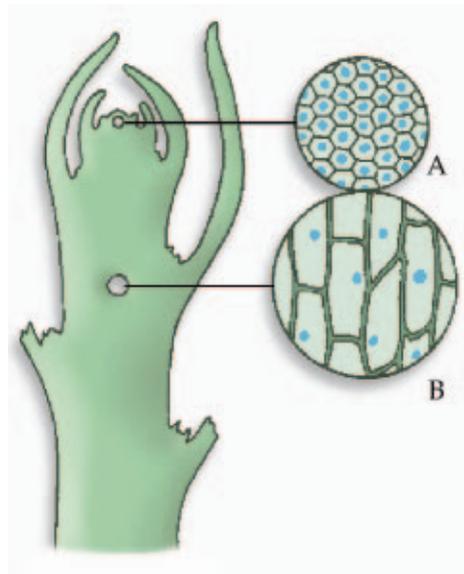
## 2. Meristemas

Os ápices do caule e da raiz da planta apresentam meristemas bastante evidentes. Nesses locais, quando as células meristemáticas estão ativas, elas se dividem intensamente, produzindo mais células e contribuindo para o crescimento do vegetal.

Quando se observa uma célula meristemática ao microscópio, nota-se que ela tem tamanho reduzido em relação a outras células da planta; sua parede é delgada, o núcleo ocupa posição central e o citoplasma apresenta diversos vacúolos pequenos. Essas características identificam uma célula como sendo indiferenciada ou embrionária.



Células oriundas do meristema, situadas a uma pequena distância do ápice, começam a apresentar modificações na estrutura e na função, caracterizando o processo de **diferenciação celular**.

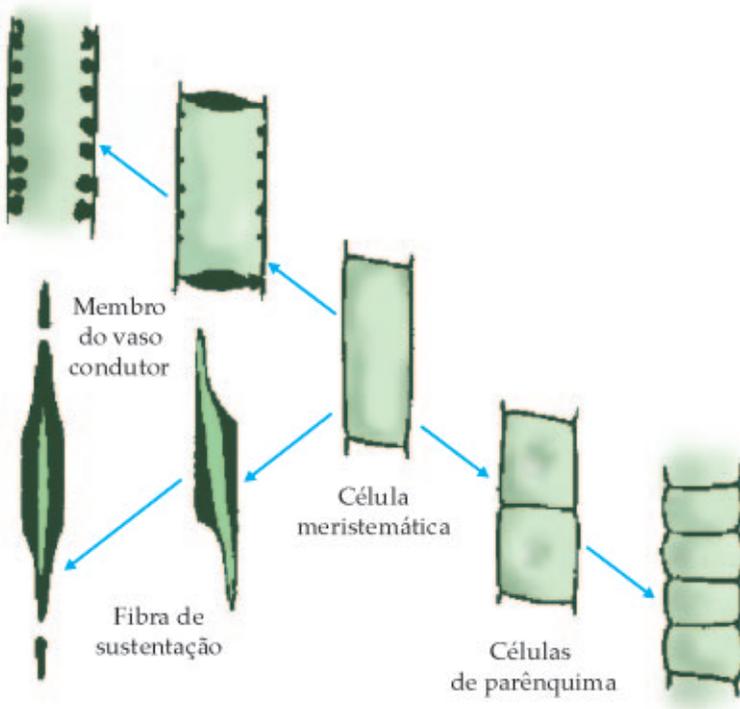


O início da diferenciação: em A, grupo de células meristemáticas; B representa células pouco diferenciadas que sofreram distensão



A primeira etapa da diferenciação consiste na entrada de água; os pequenos vacúolos fundem-se, formando um grande vacúolo central. A célula sofre **distensão**, tendo um significativo aumento de volume; isso contribui para maior aumento de tamanho na planta. Posteriormente, há deposição de materiais na face interna da parede, que se torna mais espessa.

Depois dessa primeira etapa, a diferenciação pode seguir, observando-se alterações que ocorrem principalmente na parede e no citoplasma. As células resultantes podem desempenhar papéis mais específicos: sustentação, transporte, fotossíntese, armazenamento etc.



Tipos celulares resultantes de diferenciação

Em vista de tudo o que foi exposto, pode-se dizer que as células meristemáticas têm dois caminhos:

- **Divisão** – Originando novas células e contribuindo para o crescimento.
- **Diferenciação** – Gerando células componentes dos tecidos permanentes, mais especializados.

Eventualmente, células diferenciadas podem formar células indiferenciadas novamente. Tal fenômeno é conhecido como **desdiferenciação** celular. Isso ocorre, por exemplo, quando uma região da planta é lesada e a área é novamente fechada no processo de cicatrização.

### 3. Tipos de Meristemas

No caule e na raiz podem ser observados dois tipos de crescimento: primeiro ocorre o crescimento longitudinal e depois o órgão cresce em espessura.

#### 3.1. Meristemas Primários

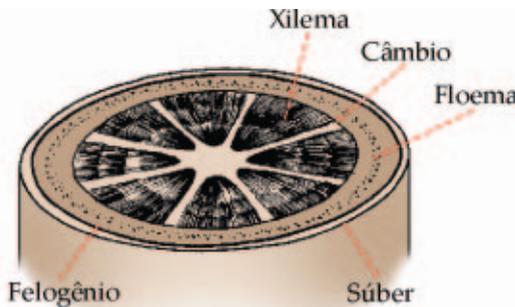
Promovem o crescimento longitudinal e suas células são provenientes diretamente do embrião.

São exemplos de meristemas primários os ápices do caule e da raiz e também as gemas laterais.

#### 3.2. Meristemas Secundários

Determinam o crescimento em espessura, sendo formados por processos de dediferenciação.

São exemplos de meristemas secundários o **câmbio vascular** ou **fascicular**, formador de vasos condutores, e o **felogênio**, que produz uma cobertura mais espessa da planta, a **cortiça** ou **súber**.



Disposição dos principais tecidos em um tronco de árvore

### 4. Revestimento, Sustentação e Nutrição

Algas vivem normalmente em meio aquático, obtendo de seu ambiente condições necessárias à sua sobrevivência; a água proporciona a sustentação às algas e evita sua desidratação. Além disso, na água há luz, CO<sub>2</sub> e nutrientes, fundamentais ao metabolismo desses organismos.

Plantas terrestres têm maior disponibilidade de luz e de gases em relação às algas. No entanto, estão sujeitas à desidratação e à maior variação de temperatura. Uma importante adaptação das plantas em relação a esses problemas é a presença de **tecidos de revestimento**.

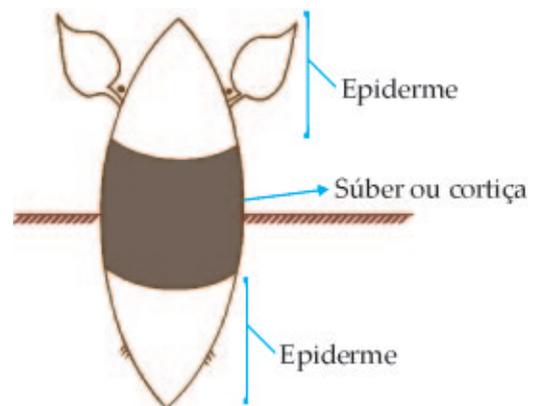
Plantas terrestres também possuem **tecidos de sustentação**, que mantêm o indivíduo ereto e sustentam seus ramos laterais, permitindo aumentar a absorção de luz. Com isso, a planta realiza fotossíntese, em tecidos especializados, os **parênquimas** clorofilianos.

### 5. Tecidos de Revestimento

Os tecidos de revestimento apresentam três funções principais:

- **proteção** contra agressões, desidratação e variação de temperatura;
- **trocas gasosas** efetuadas com o meio em que se encontram;
- **absorção** de água e nutrientes do solo.

Há dois tipos principais de tecidos de revestimento, a **epiderme** e o **súber** ou **cortiça**. A epiderme, bastante delgada, recobre folhas e partes jovens do caule e da raiz. Já o súber é bastante espesso, envolvendo partes mais velhas do caule e da raiz, onde ocorre crescimento em espessura. Na realidade, quando a raiz ou o caule crescem em espessura, sua epiderme é rompida, sendo substituída pelo súber.



Distribuição dos tecidos de revestimento numa planta



### 5.1. Epiderme

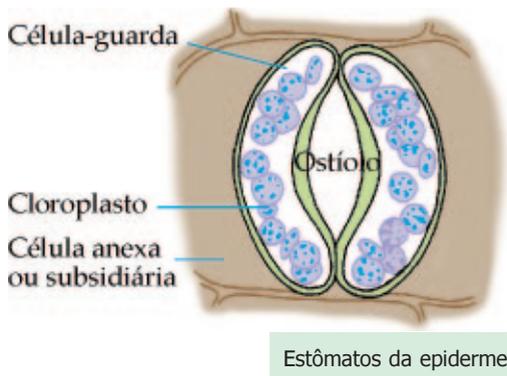
A epiderme de uma folha é fina, porque normalmente apresenta uma única camada de células, ou seja, é uniestratificada. Além disso, as células epidérmicas em geral são acolorofiladas. Isso é vantajoso, pois permite a entrada de luz empregada na fotossíntese, que ocorre no parênquima. Por outro lado, a pequena espessura da epiderme tem como desvantagem a facilidade de perda de água para a atmosfera. Isso é contornado pela presença de uma cobertura impermeável, a cutícula, constituída por cutina ou cera. A carnaubeira do Nordeste brasileiro é uma palmeira cujas folhas são recobertas por uma grande quantidade de cera.



A epiderme das plantas é dotada de vários anexos, como estômatos, pêlos e acúleos.

#### I. Estômatos

A cutícula impermeável dificulta a realização de trocas gasosas, que ocorrem através de estômatos. Uma planta aquática submersa não tem risco de desidratação e sua epiderme não apresenta cutícula nem estômatos.



#### II. Pêlos

São constituídos por uma ou mais células da epiderme, apresentando funções variadas. Os pêlos da urtiga, por exemplo, contêm subs-

tâncias irritantes, que podem ser liberadas na pele de um animal que toca essa planta. Nas raízes encontram-se os pêlos absorventes, unicelulares, com o núcleo situado em sua extremidade.



À esquerda, pêlo de urtiga; à direita, formação de pêlo absorvente

#### III. Acúleos

São estruturas pontiagudas, geradas pela sobreposição de várias células da epiderme, tendo uma grande quantidade de cutina. É o caso das projeções que aparecem nas roseiras e paineiras, cuja função é a proteção contra agressões. Essas estruturas são facilmente destacadas, devido à sua ligação superficial com a planta.

Os acúleos não devem ser confundidos com espinhos, que, apesar de terem aspecto semelhante, são sempre órgãos modificados. Assim, os espinhos podem ser ramos ou folhas. Os do cacto, por exemplo, são folhas modificadas e os do limoeiro são ramos.

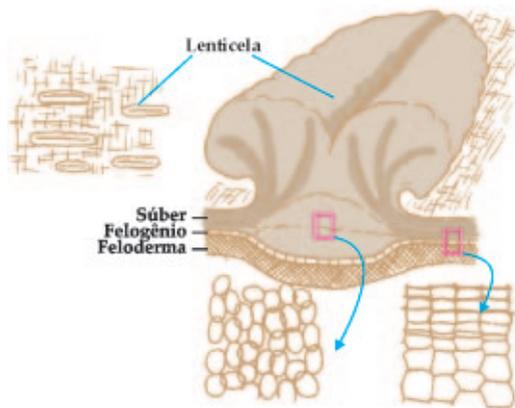


Roseira

## 5.2. Súber ou Cortiça

Quando se observa a base do tronco de um pinheiro, nota-se a presença de um revestimento espesso e marrom, o súber. Trata-se de um tecido constituído por várias camadas de células mortas, geradas a partir da atividade do felogênio.

As células do felogênio dividem-se para dentro e para fora. Internamente diferenciam-se num tipo de parênquima denominado feloderme. Já as células formadas para fora diferenciam-se em súber; neste processo a parede tem grande deposição de suberina, uma substância impermeável, provocando a morte das células. Todo o seu interior fica cheio de ar, que atua como um isolante térmico. Súber, felogênio e feloderme constituem a **periderme** da planta.



Organização do súber

A periderme do caule ou da raiz acaba, então, substituindo a antiga epiderme que recobria o órgão. Nos locais da epiderme onde existiam estômatos, o súber passa a apresentar pequenas fendas denominadas **lenticelas**, que chegam a ter alguns milímetros de comprimento. Sua função também é de realizar trocas gasosas, porém não são capazes de regular a abertura ou fechamento, como ocorre com os estômatos.

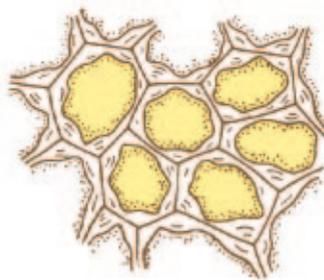
Muitas árvores, como o eucalipto, quando crescem em espessura, descartam parte de seu súber e outros tecidos. As placas de casca descartadas constituem o chamado **ritidoma**.

## 6. Tecidos de Sustentação

Além do xilema, há dois tipos de tecidos de sustentação: colênquima e esclerênquima.

### 6.1. Colênquima

O colênquima é encontrado no pecíolo das folhas e em partes jovens de caules. Trata-se de um tecido vivo, com as paredes de suas células muitas vezes tendo contorno hexagonal; isso permite um encaixe entre células vizinhas, que atuam em conjunto. É comum a deposição de celulose em locais definidos da parede interna, como nos cantos das células. A celulose garante a sustentação, preservando a flexibilidade do órgão.



Colênquima

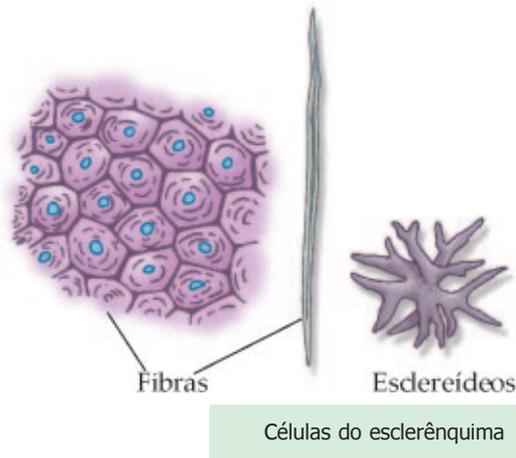
### 6.2. Esclerênquima

O esclerênquima é um tecido morto, com células apresentando grande deposição de lignina em sua parede. A lignina é uma substância de grande rigidez; um caroço de pêssego, por exemplo, tem muita lignina. Há dois tipos principais de células do esclerênquima: fibras e esclereídeos.

As fibras são células longas e delgadas, aparecendo freqüentemente junto aos vasos condutores. Os esclereídeos têm aspecto mais irregular, sendo encontrados em caroços e na polpa da pêra.



As fibras de linho, cânhamo e juta são constituídas por células de esclerênquima.



## 7. Nutrição

A atividade central dos seres vivos é a nutrição. Plantas apresentam dois tipos de nutrição: orgânica e mineral.

A nutrição orgânica relaciona-se com a fotossíntese. A nutrição mineral corresponde aos processos de obtenção de água e sais minerais, o que geralmente acontece nas raízes.

A fotossíntese ocorre em folhas e também em caules jovens. O tecido responsável pela realização de fotossíntese é o parênquima. Faremos um estudo dos parênquimas e, a seguir, estudaremos a folha, o órgão-sede da fotossíntese.

### 7.1. Parênquimas

As células dos parênquimas são vivas. Em relação às células meristemáticas, são maiores e sua parede é mais espessa, reforçada com **celulose**.

O parênquima pode desempenhar as funções de fotossíntese, armazenamento e preenchimento.

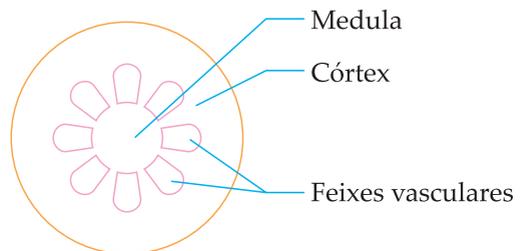
- **Fotossíntese** – Suas células apresentam muitos cloroplastos e ocupam o interior de caules jovens e de folhas. Recebem o nome de parênquima clorofiliano, clorênquima ou assimilador.
- **Armazenamento** – O parênquima pode armazenar diversos tipos de materiais. O parênquima amilífero armazena amido, sendo encontrado, por exemplo, na semente de arroz e na raiz de mandioca. Já o parênquima aquífero apresenta grande quantidade de água, sendo comum nas cactáceas. Por outro lado, o parênquima aerífero ou aerênquima é bem desenvolvido em plantas flutuantes, tais como a vitória-régia e o aguapé.

Podemos notar que fotossíntese e armazenamento são atividades bastante relacionadas, pois fotossíntese gera matéria orgânica que é acumulada no tecido de armazenamento.

A flutuabilidade da vitória-régia é determinada pelo aerênquima, possibilitando maior acesso à luz e à realização de fotossíntese.

O armazenamento de água em um cacto favorece as atividades metabólicas, incluindo a fotossíntese.

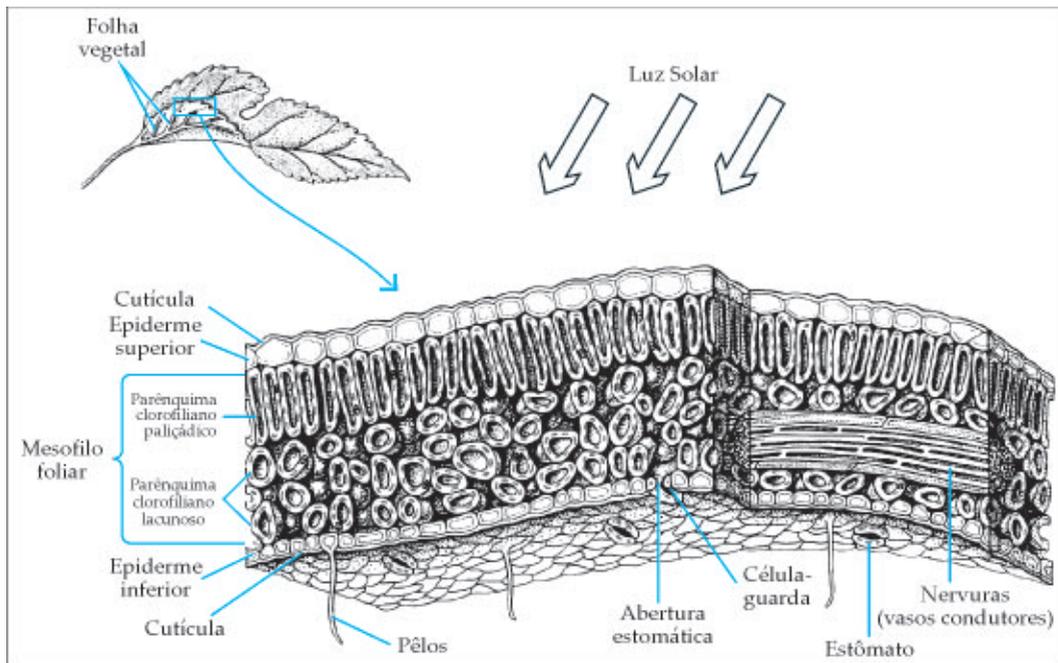
- **Preenchimento** – Ocupando os espaços deixados pelos demais tecidos. Em caules podemos encontrar dois tipos de parênquima: córtex (mais externo) e medula (mais interna).



A medula é mais interna em relação aos feixes vasculares; o córtex é mais externo

## 7.2. Estrutura da Folha

As folhas normalmente têm aspecto de lâmina, e são organizadas em camadas bem definidas.



O revestimento é dado pela **epiderme** uniestratificada, aclorofilada e recoberta por uma cutícula impermeável. A epiderme é transparente e permite a passagem de luz empregada na fotossíntese. Na epiderme há inúmeros estômatos, por onde ocorrem trocas gasosas.

O interior da folha é denominado mesófilo, e é constituído por:

- **parênquima clorofiliano paliádico**, que possui células alongadas e muito próximas, quase sem espaços entre elas;
- **parênquima clorofiliano lacunoso ou esponjoso**, formado por células com aspecto mais irregular, de menor tamanho e com menos cloroplastos; apresenta espaços por onde circulam gases e vapor de água;
- **nervuras**, constituídas por uma bainha de tecido de sustentação, envolvendo os vasos condutores, com o xilema ficando sobre o floema. As nervuras ramificam-se profundamente, permitindo um grande contato entre os vasos e as células fotossintetizantes.

## 7.3. Fluxo de Substâncias

A fotossíntese permite a produção de material orgânico nas folhas e envolve um intenso fluxo de substâncias na planta toda.

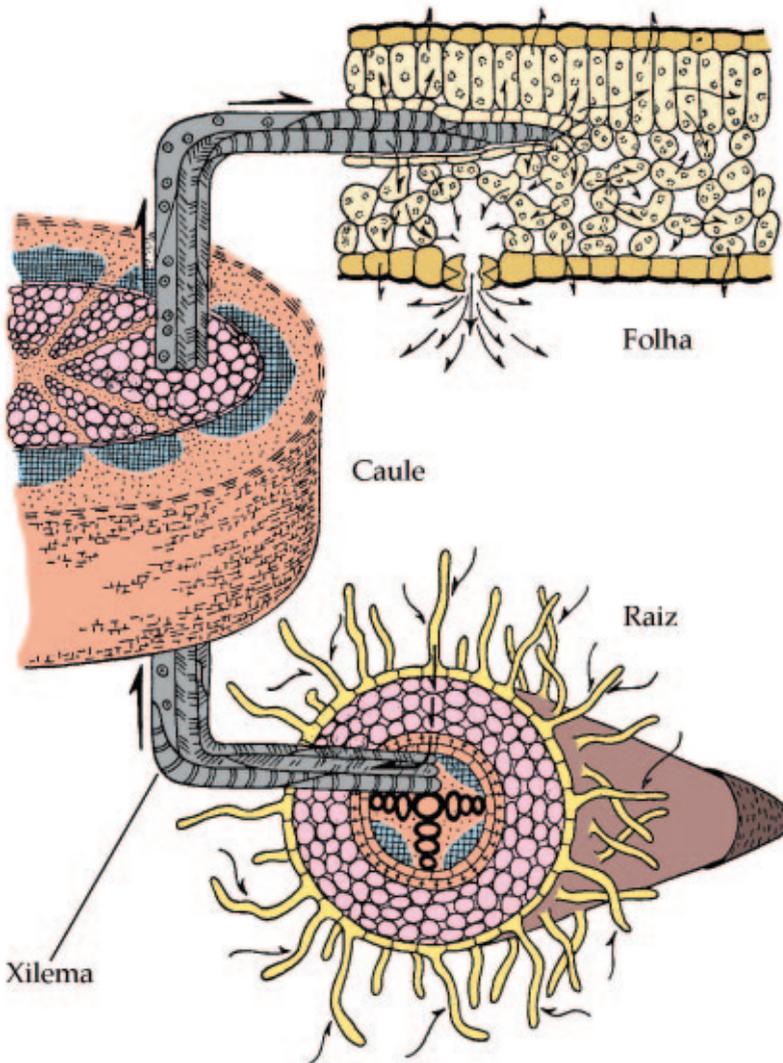
Os pêlos absorventes retiram água e sais minerais do solo, enviando-os ao xilema, que conduz esse material até as folhas. A água deixa as terminações das nervuras e passa a banhar as células do parênquima clorofiliano mais próximas, cuja superfície fica envolvida por uma película de líquido.



Essa água tem várias utilidades:

- uma parte da água entra nas células e é utilizada na fotossíntese. O açúcar assim produzido é enviado para o floema até o caule, raiz ou outras partes, onde pode ser armazenado;
- a película de água dissolve gases, como o  $\text{CO}_2$ , facilitando sua entrada nas células;
- outra parte considerável da água, em contato com o ar, evapora, de tal maneira que o interior de uma folha apresenta uma grande quantidade de vapor de água. Esse vapor pode sair da folha principalmente através dos estômatos.

Observa-se, então, que há uma inter-relação entre as atividades de transporte, nutrição, sustentação, trocas gasosas e armazenamento.

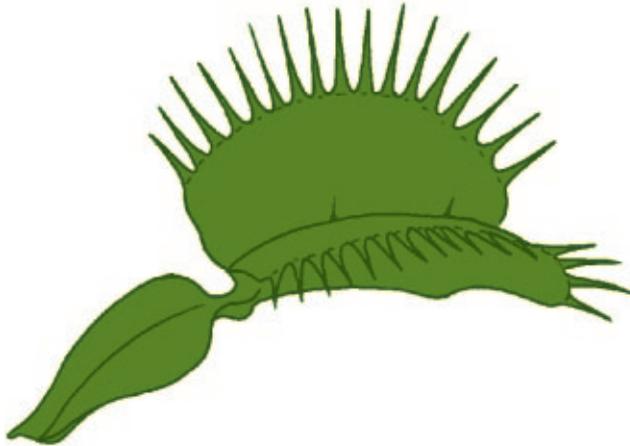


O fluxo de água na planta desde as raízes até as folhas

### 7.4. A Nutrição Mineral

Corresponde à obtenção de sais minerais pelo vegetal. Normalmente, os nutrientes ingressam através dos pêlos absorventes. No entanto, é possível fornecer nutrientes através das folhas, num processo conhecido como **adubação foliar**. Neste caso, esparrama-se uma solução de nutrientes sobre as folhas; os nutrientes podem penetrar através dos estômatos e serem utilizados.

Outro caso interessante é o das plantas insetívoras. Elas apresentam folhas modificadas que atraem pequenos animais, como insetos. Posteriormente, a folha se fecha sobre o animal e inicia sua digestão. Não se trata, todavia, de nutrição heterotrófica, uma vez que a planta apenas emprega nutrientes minerais escassos no solo em que vivem, principalmente nitrogênio.



Folha de *Dionaea*, uma planta insetívora

A **hidroponia** consiste no cultivo de vegetais em soluções com os nutrientes necessários ao desenvolvimento.

Entre os principais nutrientes minerais, podem ser citados os seguintes:

- **Magnésio** – Componente da molécula de clorofila.
- **Cálcio** – Importante na formação da lamela média.
- **Fósforo** – Integrante dos ácidos nucleicos (DNA e RNA).
- **Ferro** – Componente dos citocromos, participantes da cadeia respiratória.
- **Nitrogênio** – Integrante de aminoácidos, DNA e RNA.

Há dois tipos principais de nutrientes: os **macronutrientes** (N, P, K, Ca, Mg e S) e os **micronutrientes** (Fe, Zn, Cu, Mn, Mo e B). Os dois tipos são igualmente importantes e indispensáveis para a planta, porém os micronutrientes são requeridos em quantidades bem menores do que os macronutrientes.

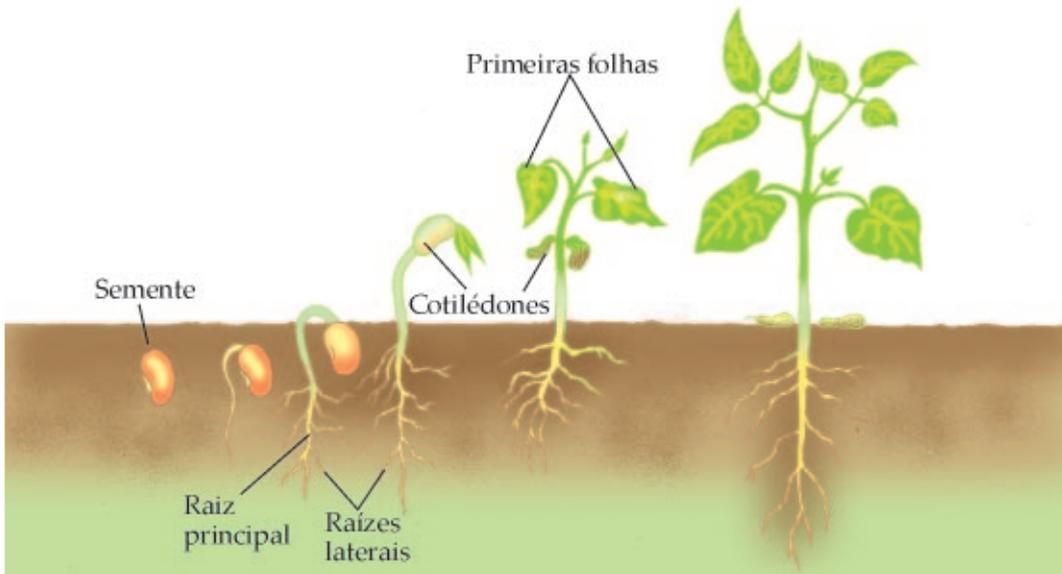


## Capítulo 05. Morfologia Externa

Quando se observa uma grande árvore, sua forma, suas flores, é preciso lembrar que tudo isso é produto de inúmeras décadas de desenvolvimento e que teve um início a partir de algo muito pequeno.

As angiospermas reproduzem-se sexualmente, formando **sementes**. No interior de uma semente encontra-se um **embrião**, que corresponde a uma pequena planta, protegida por uma casca e imersa num material de reserva.

O embrião mantém-se com atividade metabólica bastante baixa, diante de condições ambientais inadequadas, tais como temperaturas baixas, pouca umidade, ausência de oxigênio etc. No entanto, quando as condições ambientais são favoráveis, o embrião pode tornar-se metabolicamente mais ativo, passando a utilizar as reservas da semente como fonte de energia e de matéria-prima para as primeiras fases do desenvolvimento. Inicia-se, então, o processo de **germinação**, com o embrião crescendo e emergindo da semente.



Germinação da semente

Em primeiro lugar, ocorre a saída da raiz jovem da plantinha; isso permite que o vegetal se fixe ao solo e absorva mais água e sais minerais. Concomitantemente, um eixo do embrião desenvolve-se para fora da terra e forma expansões laterais; trata-se do caule com suas folhas.

Dessa forma, uma plantinha vai se desenvolvendo em dois ambientes, o ar e o solo. Na parte aérea obtém luz, utilizada na fotossíntese, produzindo material orgânico, principalmente açúcares. Já na porção subterrânea, a raiz obtém água e sais minerais e ainda é responsável pela fixação de toda a planta. A água absorvida nas raízes é necessária nas

folhas e o açúcar produzido nas folhas é necessário nas raízes. Verifica-se, então, que há uma grande interdependência das diferentes partes de um vegetal. O intercâmbio de materiais é efetuado através dos vasos condutores de seiva.

### 1. Parte Subterrânea

Uma raiz típica tem as seguintes regiões: coifa e as zonas meristemática, lisa, pilífera e das ramificações.

#### 1.1. Zona Meristemática

A raiz tem em sua extremidade um grupo de pequenas células com grande atividade de divisão celular. O produto dessas divisões é o crescimento da estrutura.

#### 1.2. Coifa

É um envoltório que protege a extremidade do atrito com as partículas do solo, evitando lesões que comprometam o seu crescimento.

#### 1.3. Zona Lisa ou de Distensão

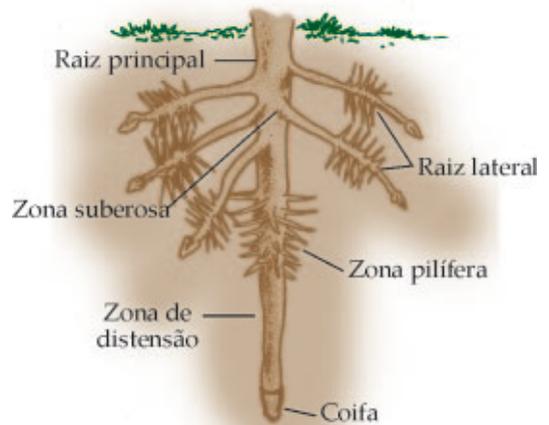
Localizada um pouco acima da zona meristemática, suas células dividem-se menos, mas apresentam uma elevada distensão. Com isso, a raiz cresce mais ainda.

#### 1.4. Zona Pilífera

Quando cessa o crescimento em comprimento, algumas células da superfície começam a formar prolongamentos e originam os pêlos absorventes, por onde a raiz retira água e sais minerais do solo.

#### 1.5. Zona das Ramificações ou Suberosa

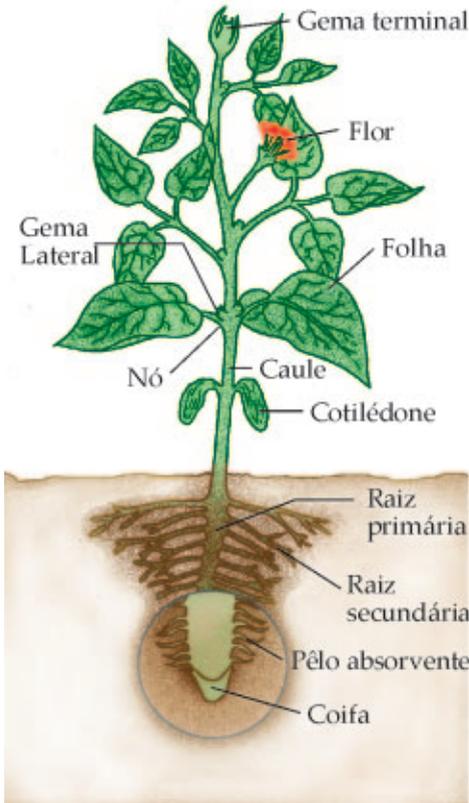
É caracterizada pela formação de raízes laterais, o que amplia a capacidade de fixação e aumenta a superfície de absorção de água e sais minerais.



### 2. Parte Aérea

No início do desenvolvimento de uma planta, a parte aérea é geralmente constituída pelo caule e folhas que ele produz. A área mais jovem do caule é seu ápice e a base é a parte mais antiga. Nota-se que as folhas mais próximas ao ápice são menores do que as mais próximas à base.

O ponto de ligação da folha ao caule é denominado **nó**. Acima de cada nó há uma pequena saliência, a chamada **gema lateral**. Na extremidade fica a **gema apical**.



A gema apical tem a seguinte organização básica: um meristema tem suas células dividindo-se ativamente para cima, o que determina o crescimento do caule; algumas células vão-se dividindo lateralmente e formam expansões, que correspondem a folhas jovens. Simultaneamente, desenvolvem-se saliências que originam as gemas laterais. Abaixo do meristema as células sofrem distensão, contribuindo para o crescimento do caule.

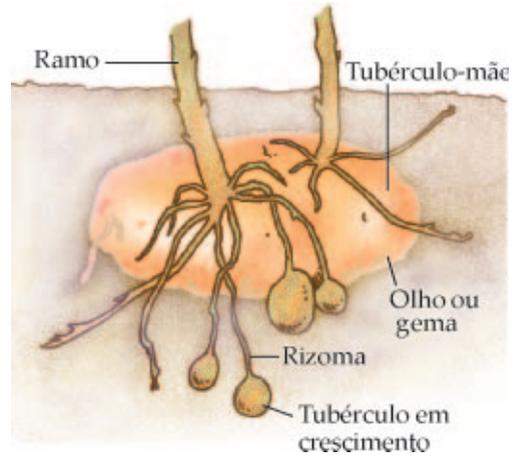
Quando a gema apical se desenvolve, origina mais porções de caule, com mais folhas e gemas laterais. As gemas laterais são de organização semelhante à da gema apical e, quando se desenvolvem, formam ramos ou flores. Flores são ramos dotados de folhas modificadas, responsáveis pela reprodução.

Gemas originam ramos ou flores.

Com base no que foi exposto, pode-se concluir que a raiz **não** possui gemas, pois, apesar de ter meristemas, não tem folhas jovens. O único órgão que possui gemas é o caule.

Gema, uma exclusividade do caule.

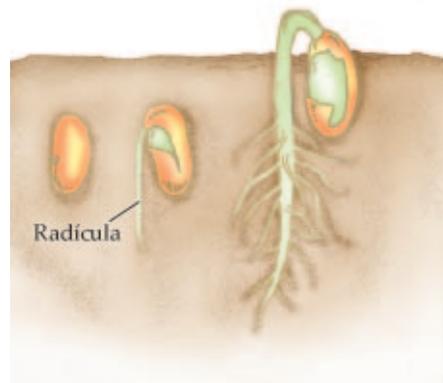
Isso pode ser ilustrado com o exemplo da batata. Trata-se de uma estrutura subterrânea, com muito material de reserva. Nota-se na batata a presença de estruturas conhecidas como "olhos" que, na realidade, são gemas, que podem brotar e formar ramos.



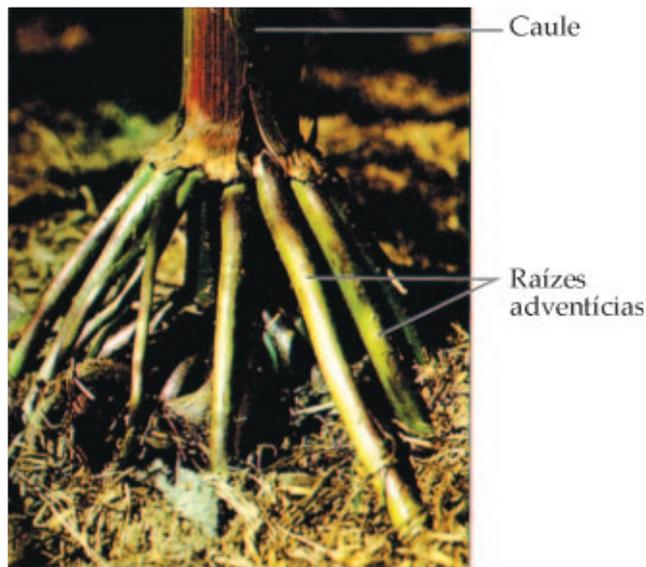
### 3. Raízes

#### 3.1. Tipos

Quando uma semente inicia sua germinação, forma-se uma estrutura chamada **radícula** que penetra na terra e se desenvolve formando uma raiz completa. A radícula é, portanto, a origem mais comum das raízes.



No entanto, há raízes que não se originam da radícula; são as raízes **adventícias**, que se formam a partir do caule ou de folhas.



Raízes adventícias emergindo do caule do milho

Há dois tipos principais de raízes: **fasciculada** e **axial** ou **pivotante**.



A raiz axial ou pivotante apresenta uma raiz principal de onde saem raízes secundárias que também se ramificam intensamente. É característica de dicotiledôneas e gimnospermas.

Já a raiz fasciculada ou em cabeleira não tem um eixo central; várias raízes surgem diretamente do caule e se ramificam junto à superfície. São, portanto, raízes adventícias quanto a sua origem.



### 3.2. Funções

As raízes desempenham dois papéis principais: **fixação** do vegetal ao solo e **absorção** de água e sais minerais. Além disso, podem desempenhar outras funções.

#### I. Tuberosas

Armazenam material, como, por exemplo, amido e sacarose.

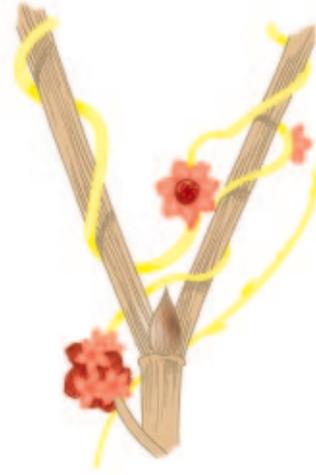
**Exemplos:** mandioca, beterraba, cenoura, batata-doce, nabo.



#### II. Haustórios

São características de plantas parasitas; entram nos vasos condutores da planta hospedeira e retiram seiva.

**Exemplos:** cipó-chumbo (parasita total) e erva-de-passarinho (parasita parcial).



Cipó chumbo

#### III. Pneumatóforos

São raízes que crescem para fora do solo e têm orifícios chamados *pneumatódios*, por onde ocorrem trocas gasosas. Aparecem tipicamente em solos pobres em oxigênio, como é o caso dos manguezais.

**Exemplos:** *Avicennia*, uma planta do manguezal.



Pneumatóforo

Pneumatódio

Aspecto de manguezal: as raízes que saem do solo são pneumatóforos

### IV. Raízes de escora

São raízes adventícias que saem do caule e penetram no solo, aumentando a base de apoio da planta.

**Exemplo:** milho e plantas de mangue.

## 4. Caules

O caule é identificado pela presença de **gemas** em sua superfície. Suas principais funções são a de interligar as folhas e as raízes e, quando jovem, realizar **fotossíntese**.

Anatomicamente, o caule apresenta regiões chamadas **nós**, de onde saem as folhas ou os ramos. O espaço compreendido entre dois nós é chamado de **internó**.

No entanto, o caule pode apresentar muitas variações em relação ao seu aspecto e às funções que exerce. Uma possibilidade de sistematizar a imensa variedade de caules é dividi-los em dois grandes grupos: os **aéreos** e os **subterrâneos**.

### 4.1. Caules Aéreos

#### I. Haste

**Exemplos:** arroz, capim, trigo, grama.



Cana

– fino, geralmente verde, com revestimento delgado.

#### II. Tronco

**Exemplos:** laranjeira, abacateiro, eucalipto, pinheiro.

– grosso, com casca espessa e escura, com muitas ramificações.



Tronco de figueira

#### III. Colmo

**Exemplos:** bambu (colmo vazio) e cana-de-açúcar (colmo cheio).

– cilíndrico, com vários nós paralelos e folhas ao longo de seu eixo.



Bambu

#### IV. Estipete

**Exemplos:** palmeira, coqueiro, palmito.

– cilíndrico e folhas saindo apenas de sua extremidade. O palmito corresponde ao meristema apical do caule.



Palmeiras

## 4.2. Caules Subterrâneos

### I. Rizoma

**Exemplos:** samambaia, bananeira.

- desenvolve-se paralelamente ao solo, estando ligado a raízes adventícias e suas folhas.



### II. Tubérculo

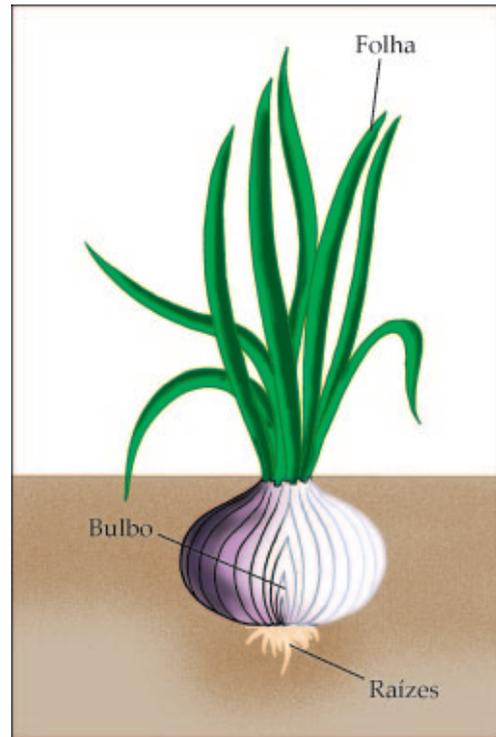
**Exemplos:** batata inglesa, cará.

- apresenta muitas reservas e gemas em sua superfície.

### III. Bulbo

**Exemplos:** cebola e alho.

- com aspecto arredondado, é constituído por meristema central que pode ser envolvido por folhas especiais chamadas catáfilos.



## 5. Folhas

Todas as folhas originam-se a partir das laterais do meristema apical de uma gema. As partes principais de uma folha são o **limbo** e o **pecíolo**.





O **limbo** é a lâmina onde aparecem as nervuras e onde se dá a maior parte da fotossíntese. O **pecíolo** corresponde ao cabo preso ao caule, sendo que junto ao pecíolo fica uma gema lateral. Esta é uma folha ideal, mas há inúmeros tipos diferentes de folhas que fogem a esse padrão.

Há dois tipos principais de folhas entre as angiospermas, classificadas conforme a distribuição de suas nervuras: as **paralelinérveas**, características das monocotiledôneas e as **reticulínérveas**, típicas das dicotiledôneas.

A função básica das folhas é realizar fotossíntese. Considerando-se uma folha-padrão, ela estaria equipada para esse papel com:

- superfície ampla, permitindo eficiente absorção de luz;
- clorofila, pigmento que absorve luz;
- nervuras dotadas de vasos condutores, que trazem água e sais e levam os açúcares produzidos a outras partes da planta;
- estômatos, válvulas microscópicas, responsáveis pelas trocas gasosas entre a folha e o ambiente.

No entanto, as folhas podem apresentar inúmeras modificações, adaptadas a diversas funções, como se vê a seguir.

### I. Brácteas

Folhas protetoras que ficam na base de uma flor ou inflorescência, assumindo, às vezes, função de atração de agentes polinizadores.

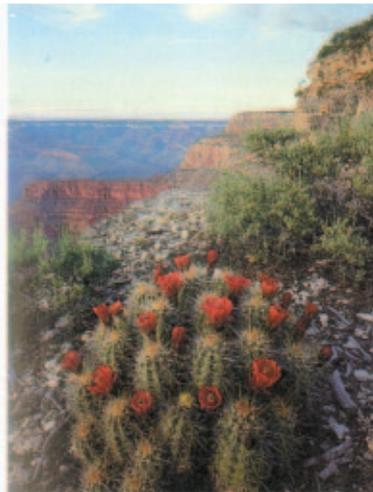
**Exemplos:** primavera, flor de papagaio, antúrio.



### II. Espinhos

Podem ser folhas com superfície reduzida, diminuindo a perda de água por transpiração.

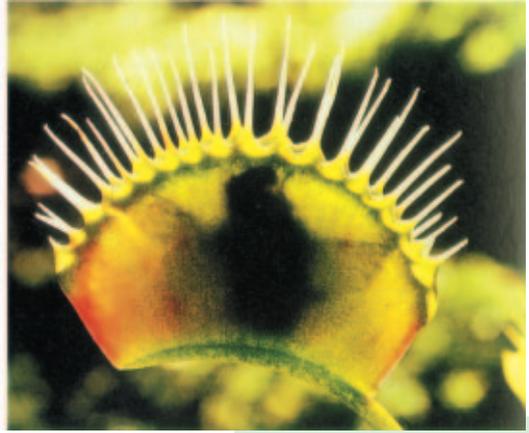
**Exemplo:** cacto



Cactos com folhas modificadas em espinhos

**III. Ascídios**

Aparecem nas plantas insetívoras, podendo atrair, aprisionar e digerir insetos.



Folhas de plantas insetívoras



## Capítulo 06. Trocas Gasosas e Condução de Seiva

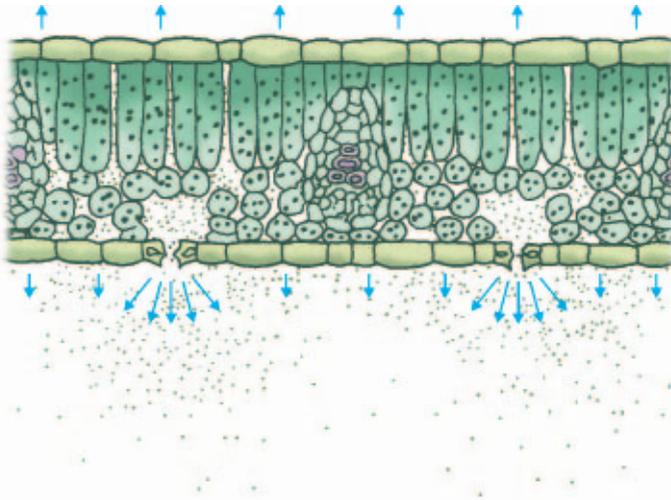
### 1. Transpiração

Os vegetais podem apresentar três tipos de estruturas relacionadas com trocas gasosas: estômatos, lenticelas e pneumatódios.

As principais trocas gasosas efetuadas entre a planta e o ambiente ocorrem por **difusão** e envolvem gás carbônico, oxigênio e vapor de água. Neste processo há um maior fluxo de partículas de uma região onde se encontram em maior concentração para outra região onde essas partículas estão em menor concentração. Tudo isso é feito sem que haja gasto de energia, caracterizando um transporte passivo.

Transpiração corresponde à perda de água sob forma de vapor. A água é retirada do solo através dos pêlos absorventes da raiz e é enviada às folhas pelo xilema. Nas terminações das nervuras deixa o xilema e banha as células do mesófilo, que ficam envolvidas por uma película de água. Parte dessa água penetra na célula e é usada na fotossíntese. No entanto, a maior parte perde-se na transpiração.

A água evapora em contato com o ar que circula pelos espaços existentes entre as células do mesófilo. O interior da folha fica cheio de vapor de água, que pode escapar pelos estômatos. Além disso, há uma pequena perda de água das células epidérmicas através da cutícula.



A transpiração

A transpiração só ocorre se o ar circundante tiver uma concentração de vapor menor do que o interior da folha. Há fatores que podem contribuir para a ocorrência de transpiração, como ventos e temperatura elevada, desde que o ar esteja mais seco.

Em certos casos, uma planta pode perder na transpiração mais de 90% de toda a água que absorve. Aparentemente isso pode parecer desvantajoso. No entanto, a transpiração contribui para a manutenção de uma temperatura adequada, impedindo um superaquecimento diante de uma exposição prolongada ao sol. A transpiração também contribui para a subida de seiva bruta pelo xilema.

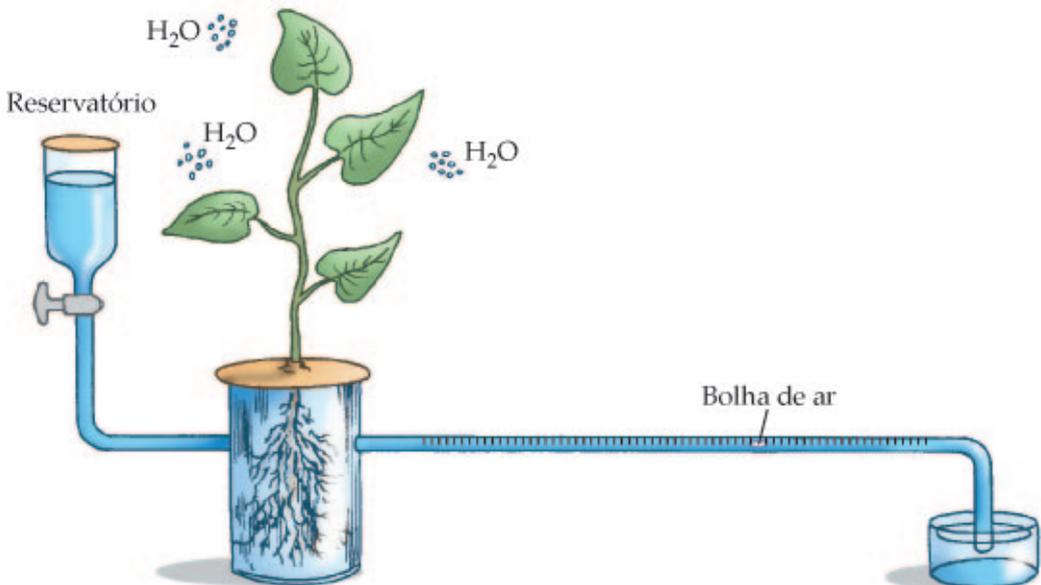
Plantas que se desenvolvem em ambientes secos podem apresentar adaptações que diminuem a perda de água, como a presença de cutícula altamente impermeável, redução do número de estômatos e estômatos localizados em cavidades (criptas).

Pode-se demonstrar que uma planta está transpirando através de experimentos bastante simples:

- Envolvendo a parte aérea de uma planta com um saco plástico, que ficará embaçado. Isso ocorre porque a planta perde vapor, que se condensa junto ao plástico.
- Colocando-se uma planta envasada sobre uma balança sensível, sendo que o vaso deve ser recoberto por um material impermeável. Dessa forma, toda perda de água que ocorrer será pela planta e não pelo vaso ou pela terra. A perda de água será apontada pela diminuição de massa do sistema.
- Colocando-se um ramo de caule cortado num **potômetro**. Trata-se de um equipamento que consta de um sistema de tubos preenchidos com água e ligado a um tubo graduado que mede volumes de água retirados pela planta, como se vê na figura. Trata-se de um aparelho que mede a quantidade de água que uma planta absorve. Isso pode dar uma idéia da taxa de transpiração, pois a absorção é proporcional à transpiração.



Medida da transpiração através de pesagens sucessivas de uma planta envasada



O potômetro

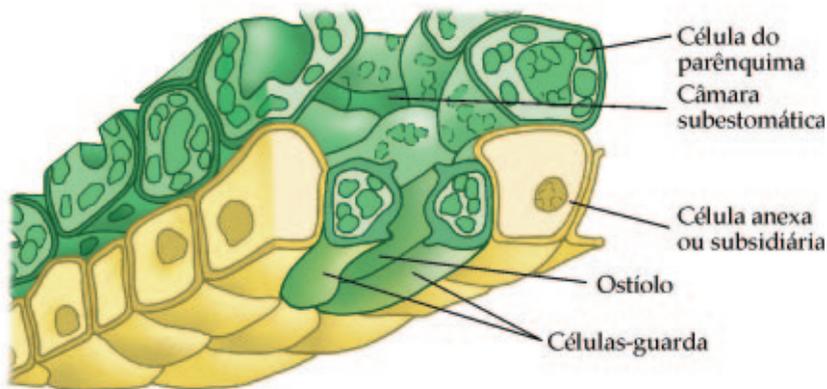


## 2. Estômatos

### 2.1. Estrutura

A epiderme das plantas terrestres tem estômatos localizados principalmente nas regiões recobertas por cutícula. Os estômatos são válvulas que controlam as trocas gasosas efetuadas com o meio. São formados por:

- duas células estomáticas ou guardas que delimitam uma fenda virtual, o ostíolo;
- células anexas ou subsidiárias, ao lado de cada célula-guarda. São aclorofiladas e sem diferenciações na parede;
- câmara subestomática, situada abaixo do estômato, no mesofilo, constituindo um espaço com intensa circulação de gases.



Estrutura do estômato

As células-guarda apresentam a forma de feijão e sua parede voltada para o ostíolo é mais espessa que a parede externa; no citoplasma, apresentam grande quantidade de cloroplastos. Essas características estão relacionadas com sua capacidade de abrir e fechar, de acordo com as condições ambientais.

Há plantas que apresentam estômatos localizados apenas na epiderme superior, sendo denominadas epistomáticas. É o caso da vitória-régia, onde a epiderme inferior está sobre a água. Folhas com os estômatos concentrados embaixo são hipostomáticas; elas apresentam posição horizontal e a localização dos seus estômatos possibilita diminuição da perda de água. Já as folhas dispostas verticalmente têm estômatos nas duas epidermes, recebendo a denominação de anfiestomáticas.

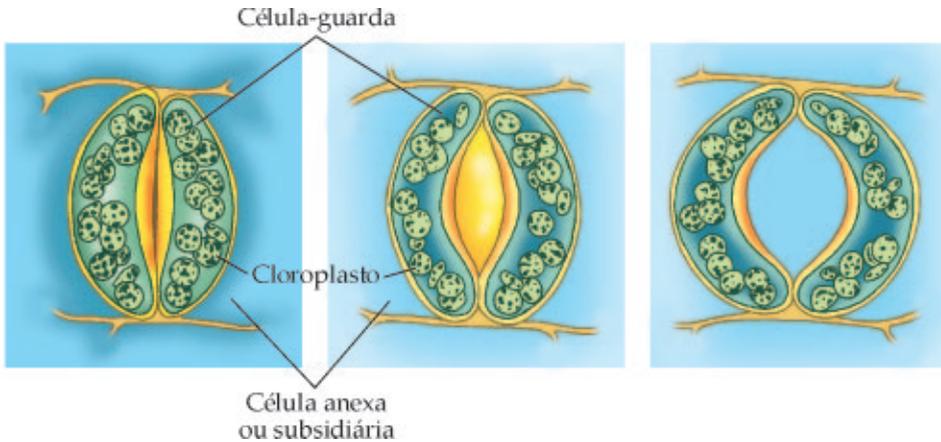
### 2.2. Funcionamento

Há inúmeros fatores ambientais relacionados com os movimentos estomáticos: disponibilidade de água, luz, concentração de  $\text{CO}_2$  etc. Podemos notar que esses fatores também participam da fotossíntese, havendo uma ligação entre a realização de fotossíntese e a movimentação dos estômatos. Durante o dia (presença de luz), as células do mesofilo realizam fotossíntese. Isso requer a participação do  $\text{CO}_2$  que ingressa através dos estômatos. Por outro lado, com a abertura dos estômatos, a água pode sair na forma de vapor. Assim, um problema enfrentado pelas plantas terrestres é compatibilizar o ingresso de  $\text{CO}_2$  e a absorção de luz, com economia de água.

### I. Água: o mecanismo hidroativo

Um fato seguramente conhecido é que a abertura estomática deve-se ao ingresso de água na célula-guarda, enquanto o seu fechamento é devido à saída de água. O fluxo de água, por sua vez, é determinado pela concentração das células-guarda. É possível demonstrar isso mergulhando-se as células-guarda em soluções com diferentes concentrações:

- Em solução hipotônica: ocorre entrada de água e o estômato abre.
- Em solução hipertônica: ocorre saída de água e o estômato fecha.



Comportamento do estômato diante de soluções diferentes: à esquerda, estômato fechado; com a entrada de água, ocorre sua abertura (à direita)

Quando ocorre entrada de água, há um aumento de **turgor**; a parte externa da célula estomática, mais delgada que a interna, expande-se para fora. Com isso, toda a célula sofre uma deformação, sendo tracionada para fora, o que provoca a abertura do estômato.

No caso de haver saída de água, o turgor diminui, as células-guarda ficam mais flácidas e aproximam suas paredes, fechando o estômato. Isso é particularmente útil quando há uma queda no fornecimento de água; os estômatos se fecham, reduzindo-se sensivelmente a transpiração, o que se constitui num mecanismo de economia de água.

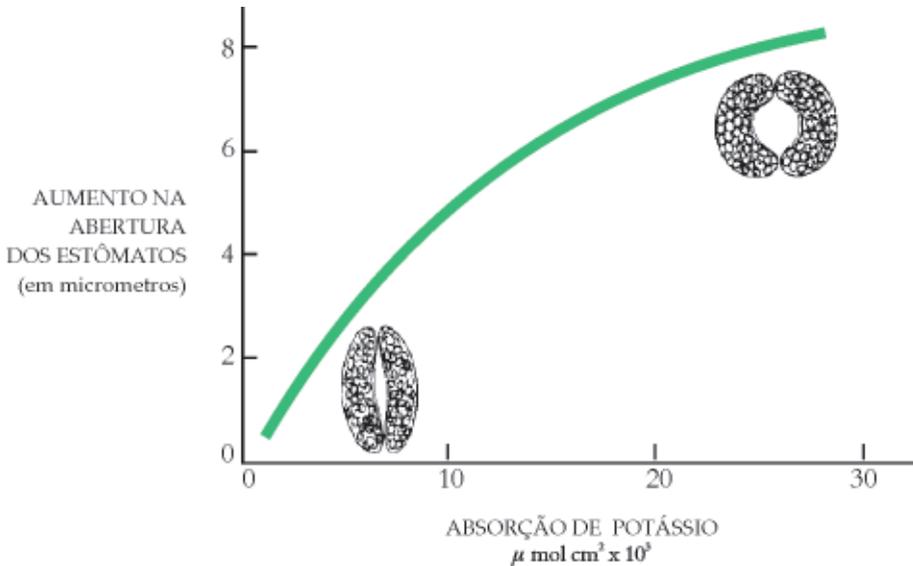
### II. Luz: o mecanismo fotoativo

O mecanismo de controle dos estômatos através da luz é denominado fotoativo. Quando se encobre uma folha de uma planta bem suprida com água com um saco escuro, seus estômatos se fecham. Se esta folha for exposta à luz, seus estômatos voltam a se abrir em alguns minutos.

- |         |   |  |
|---------|---|--|
| Com luz | { | <ul style="list-style-type: none"><li>• a concentração da célula estomática aumenta;</li><li>• entra água;</li><li>• o estômato <b>abre</b>.</li></ul> |
| Sem luz | { | <ul style="list-style-type: none"><li>• a concentração da célula estomática diminui;</li><li>• sai água;</li><li>• o estômato <b>fecha</b>.</li></ul>  |



No entanto, a abertura dos estômatos não pode ser explicada simplesmente pela produção de glicose através da fotossíntese, pois seria um processo extremamente lento. Atualmente, demonstra-se que a luz determina alterações bioquímicas que promovem o ingresso de íons potássio ( $K^+$ ) nas células estomáticas. Com isso, ocorre entrada de água por osmose, provocando sua abertura.



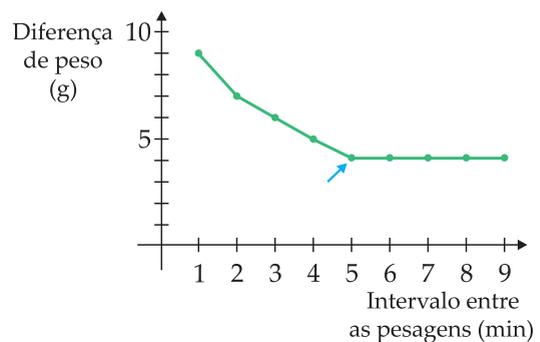
Por outro lado, a luz não controla a abertura dos estômatos em várias plantas de regiões áridas. Também a luz não tem interferência sobre os estômatos do abacaxi e de várias espécies que apresentam folhas suculentas, as **crassuláceas**.

Em todos esses vegetais os estômatos mantêm-se fechados durante o dia e abrem-se à noite, permitindo o ingresso de  $\text{CO}_2$  que é armazenado sob a forma de ácidos orgânicos (málico e isocítrico). Durante o dia, os estômatos voltam a se fechar e a planta pode realizar fotossíntese sem o risco de desidratação, utilizando  $\text{CO}_2$  a partir da decomposição dos ácidos orgânicos. Esse processo é denominado fixação noturna de  $\text{CO}_2$ .

### 2.3. Curva de Fechamento

Trata-se da curva obtida a partir do seguinte experimento: destaca-se uma folha, co-

locando-a em seguida numa balança; os valores são anotados e mostrados em um gráfico.



A redução de massa é acentuada no início do experimento e depois se estabiliza. A partir do início da estabilização, os estômatos completaram seu fechamento e a folha passou a apresentar apenas transpiração cuticular. Antes da estabilização, a folha estava em processo de fechamento dos estômatos e tinha transpiração cuticular e estomática.

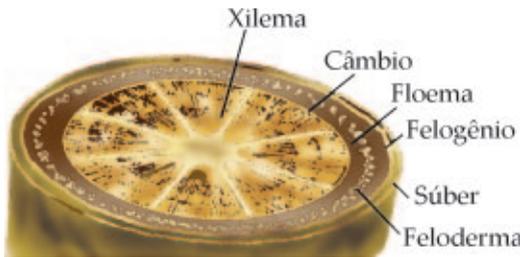
### 3. Tecidos de condução

Os tecidos de condução são fundamentais para o funcionamento das plantas, interligando órgãos com funções diferentes e que interagem graças ao rápido fluxo de materiais.

Os vasos condutores contribuem para a sobrevivência das plantas em meio terrestre, levando do solo às folhas a água perdida na transpiração.

Os tecidos condutores são o **xilema ou lenho**, que conduz seiva bruta, e o **floema ou líber**, que conduz seiva elaborada. A maior parte do tronco de uma árvore é formada por vasos condutores. O tecido que produz vasos é o câmbio, gerando xilema para dentro e floema para fora. A palavra floema tem origem grega, enquanto líber tem origem latina e ambas significam casca. Casca de um tronco é tudo o que fica do câmbio para fora, incluindo floema, feloderme (parênquima), felogênio e súber.

O xilema é o tecido que ocupa posição central, correspondendo à madeira propriamente dita. A palavra xilema é de origem grega e lenho é de origem latina, sendo que ambas significam madeira. Numa área externa bem menor, encontram-se os demais tecidos.



Os tecidos de conduções são constituídos por diferentes tipos celulares:

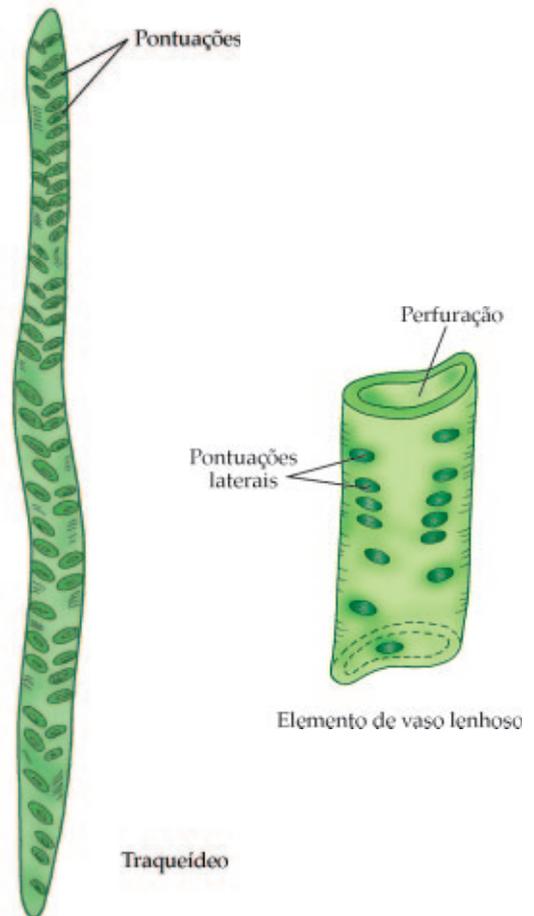
- **vasos condutores**, que representam a parte mais importante do tecido, sendo responsáveis efetivamente pelo transporte de seiva;
- **fibras de esclerênquima**, que contribuem para a sustentação da planta. Assim, fica evidente que sustentação e transporte são funções intimamente ligadas;

- **parênquima**, um tecido de preenchimento.

Na descrição do xilema e do floema que será feita a seguir, apenas serão analisados os vasos condutores componentes de cada tecido.

#### 3.1. Xilema ou Lenho

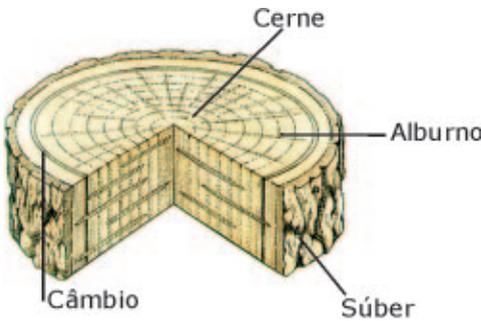
Há dois tipos de células condutores do xilema: os **traqueídeos** e os **elementos dos vasos lenhosos**. Os traqueídeos são longos e delgados; suas paredes terminais apresentam pequenos poros, as pontuações, que permitem a passagem de seiva de uma célula para outra. Já elementos dos vasos são mais curtos e largos, com as paredes divisórias dotadas de orifícios maiores, as **perfurações**. Os traqueídeos são encontrados em pteridófitas, gimnospermas e angiospermas. Elementos dos vasos só aparecem nas angiospermas.





O xilema é constituído por células mortas sobrepostas e agrupadas. Essas células só têm parede, dotada de celulose e de lignina, bastante rígida. A vantagem de a célula do xilema ser morta é que há um grande espaço por onde a seiva passa sem obstáculos. A rigidez conferida pela lignina tem duas vantagens: serve como elemento de sustentação para a planta e, para cada vaso, impede que ele sofra grande deformação lateral quando a seiva passa.

Quando os vasos de xilema se tornam velhos, têm o seu interior ocupado por tilas, prolongamentos de células do parênquima, que obstruem a passagem de seiva. Esse xilema que não conduz mais seiva é chamado de **cerne** e situa-se na parte mais interna do caule, servindo como um eixo de sustentação da planta e constituindo-se na parte mais nobre da madeira. O xilema mais jovem, que ainda conduz, chama-se **alburno** e situa-se mais externamente.

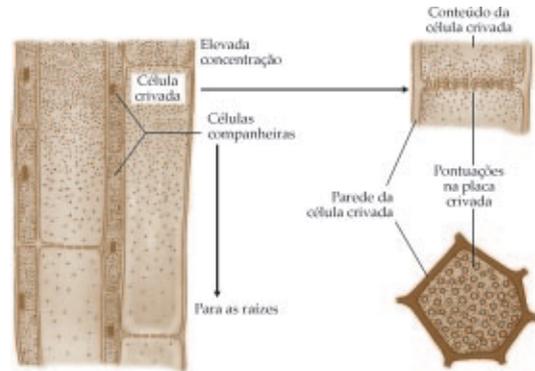


### 3.2. Floema ou Líber

O floema é constituído por vasos liberianos ou tubos crivados. Eles apresentam células vivas, denominadas elementos dos tubos crivados, que têm as seguintes características:

- pouco citoplasma junto à parede, com um grande vacúolo central, facilitando o fluxo de seiva;
- parede dotada de celulose, com poros nas extremidades, por onde passam pontes citoplasmáticas ligando células vizinhas. A parede divisória é conhecida como placa crivada (crivado significa furado);
- ausência de núcleo.

Os elementos dos tubos crivados estão ligados a **células companheiras**, que têm núcleo e citoplasma abundante.



À medida que as células condutoras envelhecem, ocorre deposição de um carboidrato chamado calose nos poros da placa crivada. Com isso, esses vasos acabam sendo obstruídos, deixando de conduzir seiva. Eles podem ser descartados com o súber, tomando parte na formação do ritidoma.

## 4. Transporte de Seiva Bruta

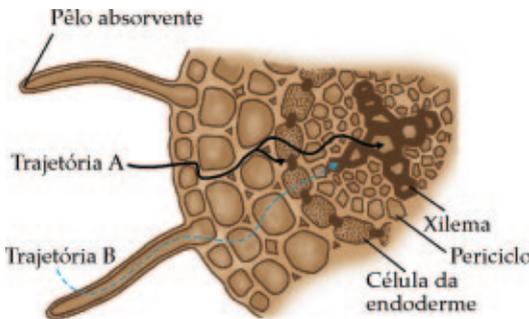
As plantas não possuem uma bomba mecânica semelhante ao coração, nem têm válvulas semelhantes às encontradas nas veias, que facilitam o retorno de sangue ao coração. No entanto, as plantas apresentam uma enorme eficiência no transporte de seiva.

### 4.1. Trajeto da Água

O trajeto da seiva bruta é o seguinte:

- os pêlos absorventes retiram água e sais minerais do solo;
- essa solução passa para o córtex da raiz, deslocando-se por dentro das células ou pelos espaços existentes entre elas;
- a endoderme impede a passagem por entre suas células. Assim, o líquido deve obrigatoriamente passar pelo interior das células endodérmicas, ocorrendo uma seleção de materiais que chegam ao xilema. As plantas, por exemplo, não utilizam cátions  $\text{Na}^+$ , e sim,  $\text{K}^+$ , apesar de os dois serem da mesma família química e apresentarem propriedades químicas semelhantes;

- da endoderme a seiva passa pelo periciclo e depois para o xilema da raiz;
- da raiz, a seiva passa para o caule e daí para as folhas, onde a água é utilizada de várias maneiras. Uma delas é sua perda na forma de vapor, ou seja, é eliminada na transpiração. A água também pode ser empregada como componente celular, como reagente da fotossíntese e no transporte de seiva pelo floema.



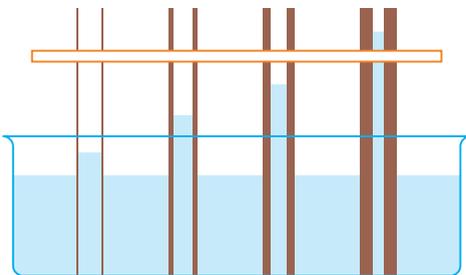
#### 4.2. Mecanismo de Condução

A subida de seiva bruta depende da ação de vários fatores:

- capilaridade;
- pressão da raiz;
- coesão – adesão – tensão (hipótese de Dixon).

##### I. Capilaridade

Vasos lenhosos são extremamente delgados, tendo diâmetro microscópico. Com isso, exibem a propriedade conhecida como **capilaridade**: em tubos de pequeno diâmetro, pode haver subida espontânea de líquido. No entanto, a capilaridade permite que a água suba poucos centímetros.



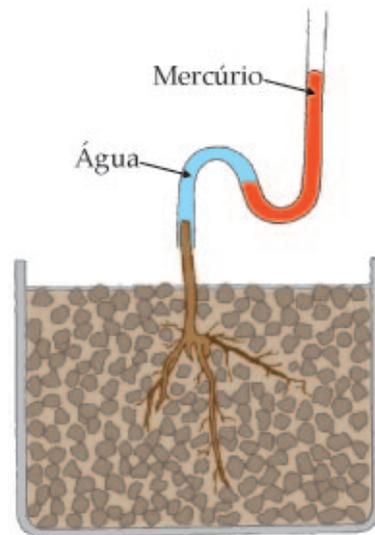
##### II. Pressão de raiz

Em primeiro lugar, os sais minerais são retirados do solo e levados ao xilema. Isso ocorre mesmo que o xilema tenha maior concentração de sais do que o solo; neste caso, a tendência seria ocorrer a saída de sais por difusão e, no entanto, eles continuam sendo absorvidos por **transporte ativo**, ou seja, com gasto de energia.

A concentração mais elevada do xilema determina a **pressão osmótica da raiz**, ou, simplesmente, **pressão de raiz**, responsável pela absorção de água por osmose. Assim, na raiz ocorre absorção de:

- sais por transporte ativo e de
- água por osmose.

Às vezes, a pressão osmótica da raiz é elevada e, além de determinar a entrada de água, pode elevá-la através do xilema. Isso pode ser demonstrado em algumas plantas em que se faz um corte na base do caule e observa-se a perda de seiva. Esse fenômeno é denominado **exsudação**.



A exsudação é consequência da pressão da raiz

A pressão de raiz geralmente é baixa e, quando é alta, permite conduzir seiva a uma altura inferior à das maiores árvores, que têm mais de 100 metros.



A pressão de raiz está relacionada com um fenômeno conhecido como **sudação** ou **gutação**: a eliminação de água pelas bordas das folhas, através dos **hidatódios**.



A gutação ocorre através dos hidatódios

A gutação ocorre quando a pressão osmótica da raiz é elevada e envia muita água para as folhas, que podem estar incapacitadas para utilizar o excesso de água. A elevada pressão de raiz é determinada por:

- alta temperatura, uma vez que a pressão osmótica é proporcional à temperatura;
- solo bastante úmido, já que isso dilui a solução de sais da terra. Dessa forma, aumenta a **diferença de concentração** entre o xilema e o solo, provocando maior absorção de água.

Nas folhas, o consumo reduzido de água deve-se às seguintes circunstâncias ambientais:

- ar saturado de vapor de água, impossibilitando a ocorrência de transpiração;
- ausência de luz, o que impede o consumo de água através da fotossíntese.

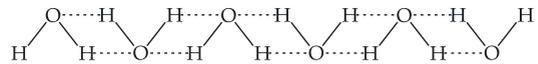
### III. Hipótese de Dixon

Se a capilaridade e a pressão de raiz não são suficientes para promover a ascensão de seiva bruta até a copa das grandes árvores, qual seria a melhor explicação para esse fenômeno?

A melhor resposta para essa pergunta foi dada pelo botânico escocês Dixon. Deve-se considerar inicialmente que o interior do xilema é inteiramente ocupa-

do por água, constituindo uma coluna contínua, desde a raiz até as folhas.

Essa coluna de água não é rompida apesar de as folhas a puxarem para cima e o peso para baixo. A coluna não se rompe devido às propriedades físico-químicas da água e do xilema. As moléculas de água são polares e estabelecem ligações do tipo pontes de hidrogênio, mantendo a **coesão** entre elas.



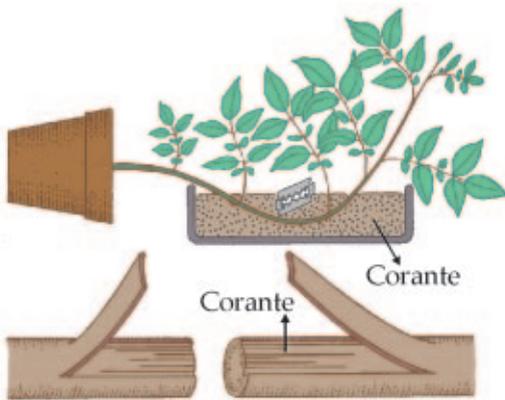
As pontes de hidrogênio entre as moléculas de água

Além disso, observa-se a **adesão**: as paredes do xilema apresentam celulose, tendo uma carga parcial negativa, que atrai a parte positiva das moléculas de água. A adesão é fraca, mas contribui para a manutenção da coluna de água; se fosse muito forte, dificultaria o fluxo de seiva.

O fator responsável pela movimentação da coluna de água é o seu consumo nas folhas, processo conhecido como **“sucção da copa”**. A água é consumida principalmente na transpiração e na fotossíntese. Na presença de luz, as células do mesófilo realizam fotossíntese e produzem glicose, elevando sua pressão osmótica. A água é então retirada do xilema por osmose. A transpiração também interfere ao remover moléculas de água que envolvem as células do interior da folha.

O xilema tem normalmente pressão menor do que a pressão atmosférica, o que é muitas vezes denominado de **“pressão negativa”** ou **tensão**, exceto nos casos em que a pressão da raiz é muito elevada. Isso tem algumas implicações de natureza prática. Por exemplo, algumas árvores chegam a apresentar redução do diâmetro de seus troncos durante certos dias de verão.

Quando se faz um furo no xilema, ocorre entrada de ar, cortando a continuidade da coluna de água e comprometendo a subida de seiva. Se cortarmos um caule imerso num corante, notaremos a entrada do corante, comprovando o fato de que o xilema tem pressão menor do que a pressão atmosférica.



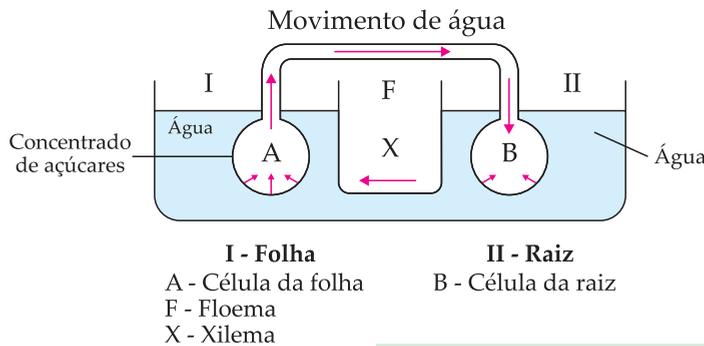
O corante penetra nos vasos de xilema

Certas árvores perdem folhas no outono. Com isso, deixa de haver a sucção da copa; o xilema fica, então, cheio de água, porém sem movimentação. Na primavera, a planta forma novas folhas e volta a ocorrer movimentação de seiva pelo xilema.

## 5. Transporte de Seiva Elaborada

Seiva elaborada é composta principalmente por água, açúcar e uma pequena quantidade de aminoácidos. Origina-se nas células do mesófilo e passa para os vasos liberianos, sendo distribuída para vários órgãos da planta: caule, raízes, frutos e sementes. O açúcar pode ser armazenado e utilizado posteriormente. Em geral, o fluxo de seiva elaborada é para baixo, mas há situações em que essa seiva flui para cima. É o caso de algumas plantas cujas raízes acumulam material, sendo depois enviado para a formação de flores, sementes e frutos.

O mecanismo de condução de seiva elaborada foi explicado pelo botânico alemão Münch. Trata-se da hipótese conhecida como “fluxo de massa” ou “arrastamento molecular”. Münch construiu um modelo que simula o fluxo de substâncias numa planta.



O modelo do fluxo de seiva elaborada numa planta

São utilizados dois recipientes, I e II, contendo água, ligados por um tubo X. Em cada recipiente é mergulhado um osmômetro: o osmômetro A em I e o B em II; os dois osmômetros são ligados por um tubo F, sendo que A contém uma solução mais concentrada de açúcar do que B.

A solução de A desenvolve uma pressão osmótica maior do que a de B. Isso determina maior entrada de água em A, fluindo para o tubo F até B e arrastando moléculas de açúcar. O excesso de água sai de B e passa para o recipiente II. O nível de água de II não aumenta, pois a água passa pelo tubo X até o recipiente I. Esse fluxo se mantém até que as concentrações de A e B se igualem.

Münch estabeleceu a correspondência entre o modelo e as estruturas de uma planta:

- o recipiente I exporta açúcar, sendo correspondente à folha;
- o recipiente II importa açúcar, correspondendo à raiz;
- o tubo X funciona como o xilema, o tubo F, como floema.



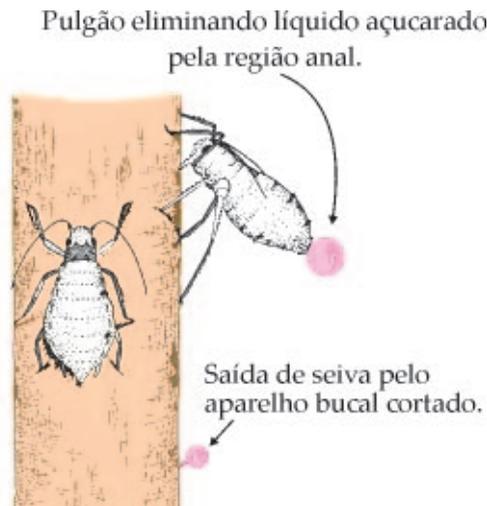
Transpondo essas conclusões para uma planta, pode-se explicar a hipótese do arrastamento molecular da seguinte forma: as células do interior da folha têm uma elevada concentração de açúcar devido à sua produção através da fotossíntese. A pressão osmótica das células clorofiladas é responsável pela entrada de água proveniente do xilema; o excesso de água flui para o floema, levando junto moléculas de açúcar em direção às diversas partes da planta.

Essa hipótese foi atualizada em diversos pontos, explicando-se muitos aspectos envolvidos no processo. É o caso do gasto de energia, com a utilização de ATP e também do papel da movimentação do citoplasma das células dos vasos liberianos.

Pode-se retirar um anel completo do tronco da casca de uma árvore, o chamado anel de Malpighi ou córtico-liberiano. Nesse caso, o floema é atingido, interrompendo-se o transporte de seiva elaborada. As raízes ficam sem suprimento alimentar e morrem, o que provoca a morte de toda a planta.



Se for feito um furo no floema de uma planta, pode-se observar que há saída de seiva, revelando que a pressão no vaso é maior que a pressão atmosférica. O mesmo resultado pode ser obtido quando se corta o aparelho bucal de um pulgão de planta ou afídeo, um tipo de inseto que se alimenta da seiva em parte tenras de vegetais.



## Capítulo 07. Integração e Respostas a Estímulos

### 1. Hormônios Vegetais

O desenvolvimento de um vegetal corresponde ao conjunto de transformações que ocorrem do zigoto ao adulto. Durante o desenvolvimento, observam-se os seguintes aspectos:

- **crescimento**, determinado pela divisão das células e sua distensão;
- **diferenciação**, com as células passando a ter formas e funções definidas, constituindo os diversos tecidos da planta;
- **organogênese**, com os tecidos agrupando-se e constituindo os órgãos vegetais.

Há uma participação fundamental dos **hormônios** no desenvolvimento. Nos vegetais, os hormônios controlam várias mudanças, tais como crescimento, floração, amadurecimento de frutos, queda de folhas etc.



A floração é determinada por hormônios vegetais

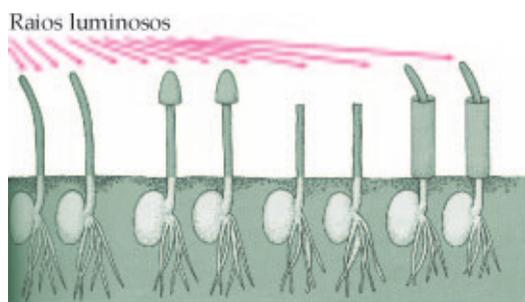
Hormônios são substâncias químicas reguladoras do desenvolvimento dos vegetais.

Entre os principais hormônios vegetais, encontram-se: **auxinas**, **giberelinas**, **citocininas**, **etileno** e o **ácido abscísico**.

#### 1.1. Auxinas

Um material útil no estudo de hormônios é o coleóptilo. Trata-se de um tubo que contém as primeiras folhas de uma gramínea, apresentando crescimento bastante rápido.

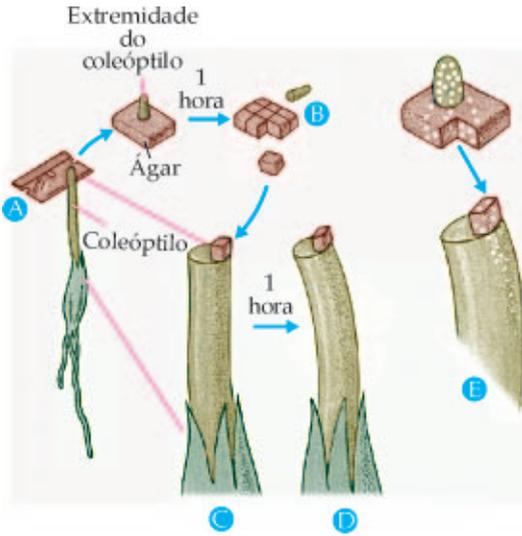
Em 1880, Charles Darwin realizou experimentos com coleótilos e verificou a influência da luz em seu crescimento.



Experiência de Darwin: apenas coleótilos com ápice exposto encurvam-se em direção à luz

Em 1928, o botânico holandês Fritz Went realizou um importante trabalho com coleótilos de aveia.

Went cortou as pontas de coleótilos e colocou sobre blocos de ágar (uma gelatina extraída de algas). Deixou repousando durante algum tempo e colocou o ágar sobre outros coleótilos decapitados, que passaram a apresentar crescimento. Com isso, demonstrou que uma influência química passou do ápice do coleóptilo para o ágar e deste para outra planta, fazendo-a crescer. Dessa forma, ficou caracterizada a existência de um hormônio de crescimento. Mais tarde, esse hormônio foi denominado **auxina** e identificado quimicamente como sendo o **ácido indolacético (AIA)**.



Com o tempo, foram produzidas substâncias com ação similar à da auxina e de grande uso em agricultura, tais como:

- 2, 4D (ácido 2,4 diclorofenoxiacético)
- ANA (ácido naftalênico acético), que induz floração em algumas plantas.

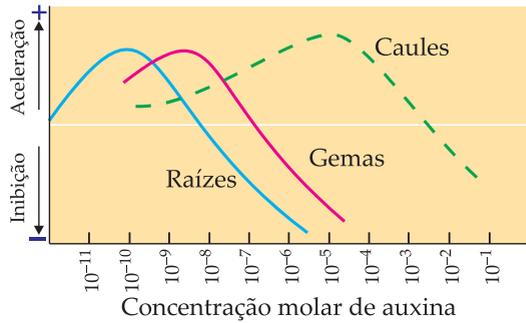
## 1.2. Efeitos das Auxinas

O AIA é produzido em folhas jovens. Elas são encontradas nas gemas ativas dos caules e também nos embriões do interior de sementes. As raízes não possuem folhas e, portanto, não produzem auxina.

As auxinas não são transportadas por vasos condutores, deslocando-se das extremidades para a base, ou seja, apresentando transporte polarizado. Sua principal ação é promover o crescimento por **distensão** das células.

### I. Gráfico

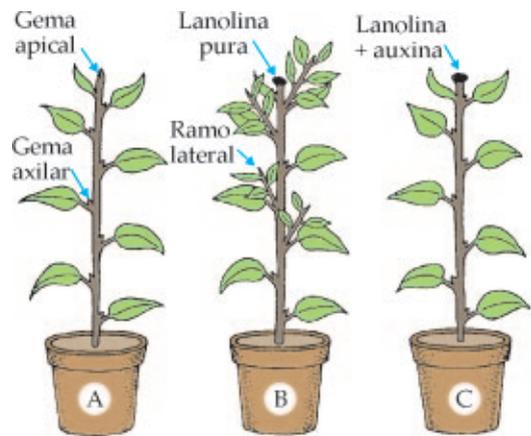
Experimentalmente pode-se demonstrar que os órgãos de uma planta manifestam diferentes sensibilidades à auxina: a raiz é mais sensível, o caule é menos sensível e as gemas laterais apresentam sensibilidade intermediária.



Pela análise do gráfico, fica evidente que pequenas concentrações de auxinas estimulam as raízes, sendo insuficientes para estimular o caule. Por outro lado, concentrações elevadas de auxina estimulam o caule, mas inibem gemas laterais e raízes.

### II. Dominância apical

A auxina produzida no ápice inibe as gemas mais próximas situadas abaixo dela. Isso é o que se denomina **dominância apical**. Fazendo a poda da planta, com a remoção do ápice, cessa a produção de auxina, deixa de haver inibição e as gemas laterais desenvolvem-se em ramos.



Quando se aplica 2, 4D em batatas e cebolas, evita-se o desenvolvimento de suas gemas.

### III. Formação de raízes adventícias

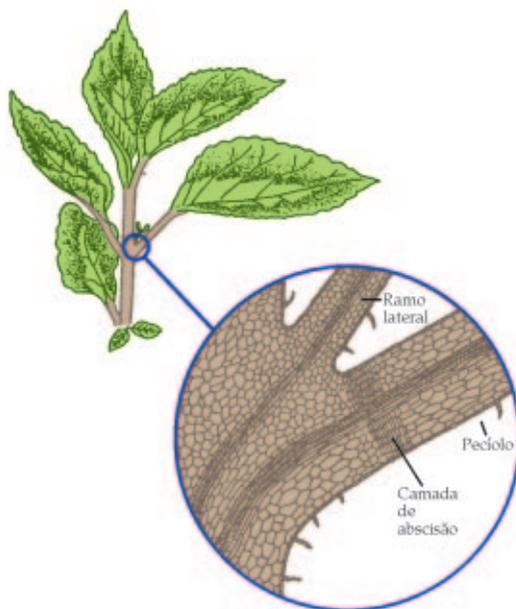
Pode-se promover a reprodução assexuada de plantas através de mudas obtidas a partir de folhas ou de ramos. Normalmente, faz-se um corte oblíquo nessas estruturas, possibilitando obter-se uma maior superfície do que seria obtida com um corte reto. Nessa área cortada, ocorre desdiferenciação das células, gerando novas células que se dividem rapidamente e formam raízes adventícias. Colocando-se uma quantidade adequada de auxina, há formação de maior número de raízes adventícias, permitindo desenvolvimento mais rápido e eficiente da muda.



Formação de raízes adventícias

### IV. Abscisão de folhas e frutos

Quando as folhas envelhecem, a sua produção de auxinas diminui. Com isso, surge no pecíolo um meristema de abscisão, formado por células fracamente ligadas, sem a presença de lamela média. Essas folhas acabam caindo, deixando uma área já perfeitamente cicatrizada. A aplicação de auxina na folha evita sua queda.



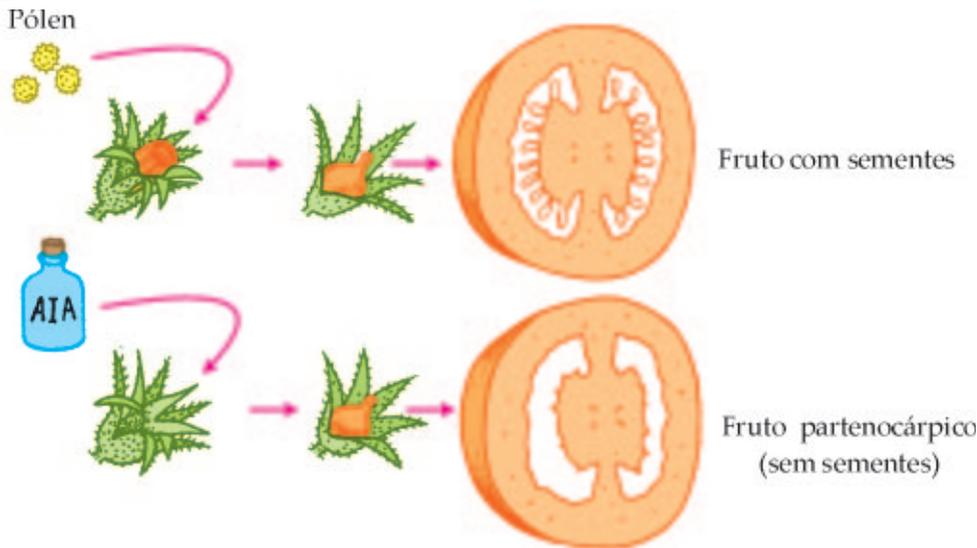
Formação da camada de abscisão

Os frutos maduros também apresentam redução na quantidade de auxina gerada no interior das sementes. Com isso, forma-se o meristema de abscisão no cabo do fruto, provocando sua queda.

### V. Frutos partenocárpicos

A aplicação de auxinas no ovário de uma flor, pode gerar um fruto sem semente, ou seja, um fruto partenocárpico. Antes, devem ser tomadas providências para evitar-se a polinização e a fecundação:

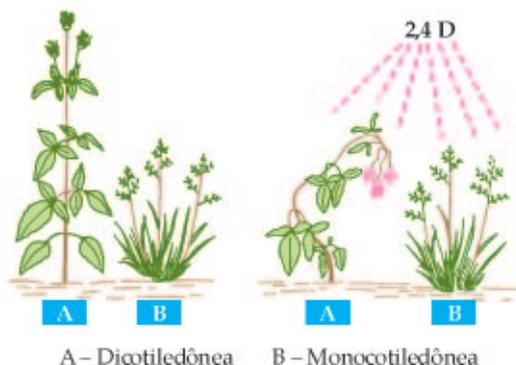
- remover os estames para impedir a produção de pólen;
- recobrir a flor para impedir a vinda de pólen proveniente de outras flores.



Produção de fruto partenocárpico

### VI. Herbicidas

Como se pode ver no gráfico da sensibilidade à auxina, altas concentrações de auxina têm efeito inibidor no crescimento de caules, raízes e gemas. Assim, a aplicação de auxinas sintéticas (2,4D), em altas concentrações, pode matar ervas daninhas. Isso é feito principalmente para se eliminar dicotiledôneas, mais sensíveis à ação de auxinas sintéticas do que as monocotiledôneas dotadas de enzimas que metabolizam o 2,4D. No entanto, o uso inadequado de herbicidas pode trazer grandes problemas à saúde e ao ambiente.



Ação herbicida do 2,4D sobre dicotiledôneas

### 1.3. Giberelinas

A história da descoberta das giberelinas começou na década de 1920, no Japão. Agricultores japoneses notaram que alguns pés de arroz apresentavam crescimento exagerado, quebrando-se facilmente.

O botânico Kurosawa estudou esse problema, que representava grande importância econômica. Notou que as plantas anormais apresentavam fungo, o *Giberella fujikuroi*. Kurosawa demonstrou que o fungo produzia uma substância indutora de crescimento, que recebeu o nome de giberelina. Hoje são conhecidos muitos tipos de giberelinas, como o ácido giberélico.

São muitas as ações das giberelinas, como potentes hormônios de crescimento. Atuam nas células principalmente provocando sua distensão, quando absorvem grande quantidade de água. Agem de modo sinérgico com as auxinas, promovendo o crescimento normal das plantas. São produzidas nos mesmos locais que produzem auxinas.

Uma planta geneticamente anã é incapaz de produzir giberelina. Ao receber aplicações de giberelinas, plantas anãs tornam-se de tamanho normal sem, contudo, afetar

sua carga genética. Por outro lado, plantas em roseta, recebendo aplicações extras de giberelinas, tornam-se agigantadas.



A ação de giberelinas no alongamento caulinar

Outra ação das giberelinas é sua participação na germinação de sementes. Quando uma semente de gramínea é embebida em água, o embrião entra em atividade metabólica e passa a produzir giberelina, que atua na camada de aleurona, formada por células ricas em proteína, situadas abaixo do tegumento. Essas células passam a produzir uma amilase, enzima responsável pela digestão do amido armazenado na semente, permitindo o desenvolvimento do embrião.

### 1.4. Citocininas

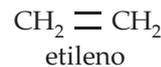
Na década de 1950, pesquisadores utilizaram água de coco como fonte de nutrientes para meios de cultura de células vegetais as quais passaram a se dividir muito rapidamente. Isso foi explicado não apenas pelas qualidades nutritivas da água de coco, mas também pela presença de alguma substância indutora de divisão celular, que foi genericamente denominada de **citocinina** ou **cinetina** (de citocinese, processo de divisão do citoplasma). Posteriormente, essas substâncias foram identificadas, mostrando-se com composição química muito parecida com a adenina, uma base nitrogenada componente do DNA e do RNA. Com o tempo, foram isolados diversos tipos de citocininas, cuja principal ação é a indução de divisão celular.

Sabe-se que as citocininas são produzidas no meristema do ápice da raiz, sendo transportada pelo xilema a partes aéreas da planta.

### 1.5. Etileno

O etileno é um gás que pode ser liberado como resíduo em combustões, como na queima de madeira, gasolina, álcool etc. As plantas apresentam grande produção de etileno em regiões que sofreram algum tipo de lesão.

Diversos tecidos vegetais vivos produzem etileno, mas isso não ocorre na semente.



A principal ação do etileno é promover a senescência, ou seja, o amadurecimento seguido de envelhecimento de folhas e frutos. Vimos que, quando isso ocorre, folhas e frutos passam a ter uma sensível redução na produção de auxina, provocando a sua queda da planta (abscisão).

Alguns casos ilustram o que foi exposto:

- um mamão, quando tem sua superfície riscada e é envolvido em papel, amadurece mais rápido. Isso ocorre porque o fermento é um local com grande liberação de etileno, que é retido pelo papel, acelerando o processo de amadurecimento.



- no tempo em que as cidades tinham iluminação a gás, as folhas de uma árvore, mais próximas de um lampião, caíam mais rapidamente. Isso é explicado pela liberação do etileno na queima do gás.

Outra importante ação do etileno é a indução de floração em algumas plantas, como é o caso de mangueiras.

### 1.6. Ácido Abscísico

É um hormônio que induz a dormência de sementes e gemas. Isso é bastante útil, pois pode preservar a planta diante de condições ambientais inadequadas, como falta de água e baixas temperaturas.

## 2. Movimentos Vegetais

Os vegetais também apresentam uma grande capacidade de reagir a estímulos, mesmo não tendo sistema nervoso. Um dos exemplos mais familiares é a planta chamada dormideira ou sensitiva (*Mimosa pudica*), que dobra seus folíolos quando tocada.



A sensitiva reage ao toque, dobrando seus folíolos

Outro caso bem conhecido é o da inclinação de caules e folhas em direção a uma fonte de luz, como ocorre quando se coloca uma planta junto a uma janela. Isso tem uma im-

portante vantagem de aumentar a captação de luz, utilizada na fotossíntese.

### 2.1. Tactismos

Há vários tipos de movimentos vegetais e sua classificação também é diversificada. A classificação que vamos utilizar inicia-se pela distinção entre movimento com ou sem deslocamento. Um anterozóide nadando em direção à oosfera apresenta deslocamento. Esse movimento é denominado **tactismo**.

**Tactismo:** movimento com deslocamento.

Há dois tipos principais de tactismos, conforme os estímulos que os originaram:

- **fototactismo**, orientado pela luz. É o caso de algas flageladas que se deslocam em direção a uma fonte de luz;
- **quimiotactismo**, orientado por substâncias químicas, como no caso do anterozóide nadando em direção à oosfera.

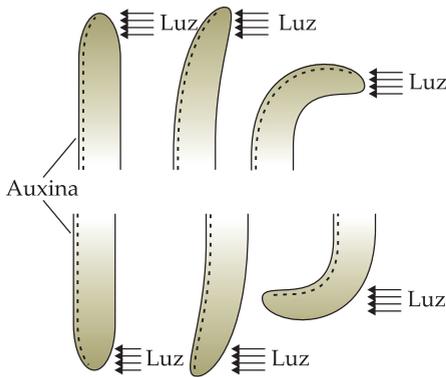
### 2.2. Tropismos

Uma planta cujo caule encurva-se em direção à luz não apresenta deslocamento. Trata-se de um movimento irreversível do tipo **tropismo**.

#### I. Fototropismo

Fototropismo é um movimento sem deslocamento, orientado pela luz. Se uma plântula for totalmente exposta à luz, o caule inclina-se em direção à luz e a raiz afasta-se dela. Dizemos que o caule tem **fototropismo positivo** e a raiz, **fototropismo negativo**. Isso é explicado porque a luz promove um desvio lateral de auxina, com o lado escuro ficando com maior concentração do hormônio. No caule, muita auxina promove crescimento; o lado escuro cresce mais e ele se encurva em direção à luz. Já na raiz, são concentrações menores que determinam crescimento, o que se verifica no lado iluminado. Assim, este lado cresce mais e a raiz afasta-se da luz.

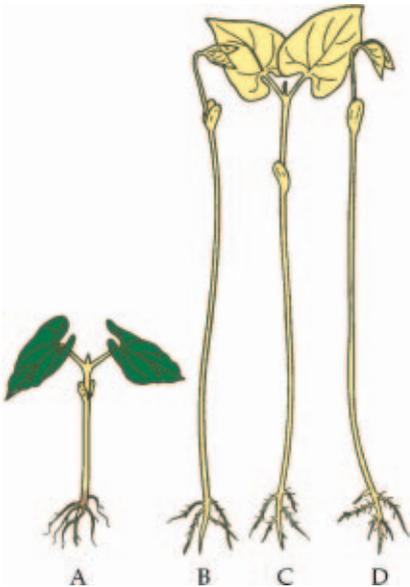
Caule



Raiz

O fototropismo e a concentração de auxina

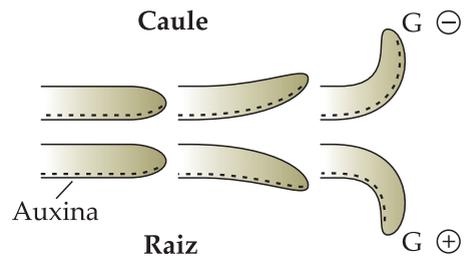
Quando uma planta é colocada no escuro, ocorre seu **estiolamento**: cresce verticalmente, de modo rápido e acentuado, ficando longa e delgada, utilizando apenas as reservas de que dispõe, já que não pode realizar fotossíntese. Esse tipo de crescimento pode ser bastante útil numa floresta fechada, onde a luz é retida pela copa das árvores.



O estiolamento de plantas que crescem no escuro (B, C, D); compare com a planta que cresce em presença de luz (A)

II. Geotropismo

O **geotropismo** é um movimento sem deslocamento, influenciado pela gravidade. Pode-se demonstrar o geotropismo colocando-se uma planta jovem em posição horizontal, num ambiente escuro. A raiz crescerá no mesmo sentido da gravidade e o caule, em sentido contrário. Dessa forma, a raiz terá **geotropismo positivo** e o caule, **geotropismo negativo**. Isso é explicado porque, pela ação da gravidade, a auxina concentra-se na face inferior, provocando estimulação no caule e inibição na raiz.



O geotropismo do caule e da raiz

Se uma planta for colocada em posição horizontal, mantida em rotação, a distribuição de auxina será uniforme, fazendo com que não haja curvatura para cima ou para baixo.

III. Quimiotropismo

É um movimento que apresenta crescimento orientado por substâncias químicas. Diferencia-se do quimiotactismo por não apresentar deslocamento.

São exemplos de quimiotropismo:

- crescimento do tubo polínico em direção ao óvulo;
- crescimento de raízes buscando água.

IV. Tigmotropismo

É o crescimento observado em caules e gavinhas ao redor de um suporte, sendo estimulado pelo contato.



Tigmotropismo em gavinha

### 2.3. Nastismos

O nastismo é um movimento sem deslocamento e reversível. Respondem a estímulos da mesma maneira, não importando sua direção. É o caso da sensitiva, que dobra seus

folíolos do mesmo modo, não importando onde tenha sido tocada.

Há dois tipos principais de nastismo:

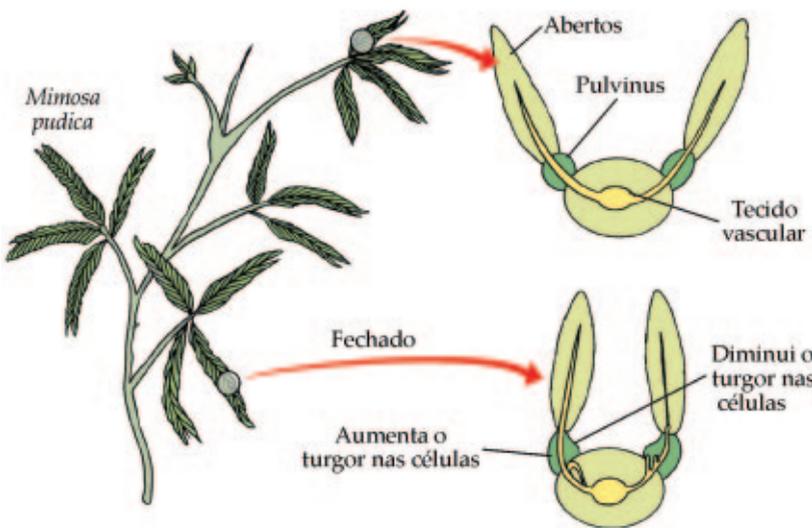
#### I. Crescimento diferencial

Algumas flores abrem-se à noite e ficam fechadas durante o dia. Em outras, ocorre o contrário. Nesses casos, a base das pétalas apresenta uma diferente taxa de crescimento:

- na abertura ocorre maior crescimento do lado interno;
- no fechamento há maior crescimento do lado externo.

#### II. Variação de turgor

Algumas plantas apresentam **pulvinus** na base de suas folhas. São estruturas, com aspecto dilatado, dotadas de células que apresentam variação de turgor, provocando movimentação. A sensitiva, quando é tocada, apresenta esse mecanismo, assim como a *Dionaea*, uma planta insetívora.



Nastismo por variação de turgor na sensitiva

Em várias leguminosas, como feijão e trevo, as folhas se elevam durante o dia e abaxam-se à noite. Esse tipo de movimento deve-se também à variação de turgor.

a)



b)



Nastismo em feijão: a) durante o dia e b) à noite

### 3. Fotoperiodismo

Em latitudes mais elevadas, as estações do ano são bem demarcadas e apresentam uma grande variação de umidade, temperatura e luminosidade ao longo do ano. Os seres vivos podem ter seus ritmos de vida adaptados a essas mudanças, apresentando respostas, tais como floração, queda de folhas, produção de frutos etc. Nos animais, podem ser observadas respostas como troca de penas ou pêlos, comportamento de acasalamento, migrações periódicas etc.

O fator mais importante envolvido na maioria das respostas apresentadas pelos seres vivos diante das mudanças de estações é a **duração do dia** ou **fotoperíodo**, que corresponde ao período de iluminação num lapso de 24 horas diárias. As respostas dos seres vivos ao fotoperíodo, como queda de folhas e floração, são denominadas **fotoperiodismo**.

Entre as respostas fotoperiódicas mais importantes está a floração, de grande importância econômica, uma vez que a partir da floração é que as plantas produzem frutos

e sementes. A descoberta do fotoperiodismo começou em 1920, com pesquisadores do departamento de agricultura dos EUA trabalhando com a floração de variedades de tabaco e de soja.

#### 3.1. Floração e Fotoperíodo

A floração ou florescimento corresponde à transformação de uma gema em flor. Isso é determinado pela ação de hormônios. Descobriu-se que a folha é o órgão responsável pela produção desses hormônios, mesmo que apenas a oitava parte do limbo foliar esteja preservada.

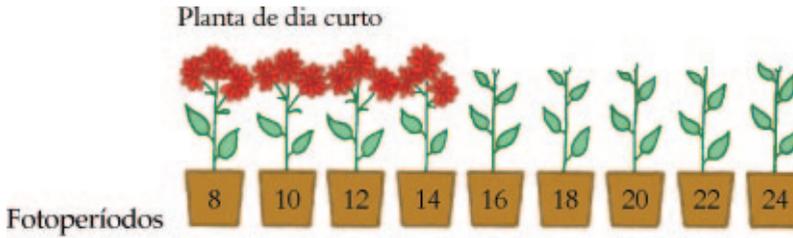
Pode-se demonstrar a existência de hormônios responsáveis pela floração, através de experiências bastante simples. Considere uma planta **A** que esteja exposta a um fotoperíodo adequado, indutor de floração, e outra planta **B**, submetida a um fotoperíodo que não induz floração. Normalmente, a planta **A** deverá florir e a planta **B**, não. No entanto, se for feito um corte em um ramo da planta **A** e ligá-la à planta **B** por uma barreira que impede a passagem de luz, a planta **B** também apresentará floração. Isso revela a existência de uma substância química, um hormônio, que se difunde de uma planta a outra.

Descobriu-se, experimentalmente, que as plantas podem ser classificadas em três tipos, conforme sua resposta ao fotoperíodo:

- plantas indiferentes;
- plantas de dia curto;
- plantas de dia longo.

As plantas indiferentes florescem em qualquer época do ano, bastando atingirem um certo tamanho. É o caso de tomate, milho, girassol e arroz.

As plantas de dia curto florescem no início da primavera e no outono. Sua **indução** de produção de flores ocorre com fotoperíodos iguais ou menores que um certo valor crítico. São plantas de dia curto o morangueiro, feijão, café, soja, fumo, flor-de-papagaio.



Já as plantas de dia longo florescem principalmente no verão. A **indução** de floração ocorre quando são submetidas a um valor crítico de fotoperíodo ou valores acima dele. É o caso da aveia, do espinafre, do cravo e do rabanete.



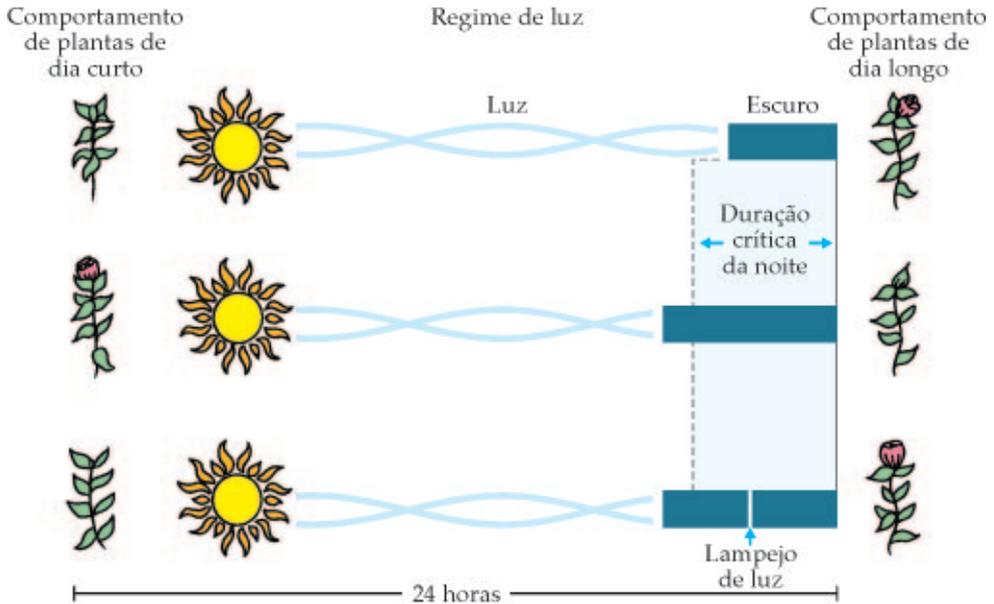
Os valores de fotoperíodo crítico são obtidos experimentalmente. É possível que plantas de dia curto tenham fotoperíodo crítico mais longo do que certas plantas de dia longo. Assim, o que diferencia uma planta de dia curto de uma planta de dia longo é o fato de que a indução de sua floração ocorre em valores iguais ou **menores do que o fotoperíodo crítico**. Na planta de dia longo, a indução de floração ocorre em valores iguais ou **maiores do que o fotoperíodo crítico**.

### 3.2. O Papel da Escuridão

Como vimos, a descoberta da ocorrência de fotoperiodismo deu-se em 1920. No entanto, em 1938 outros pesquisadores fizeram uma descoberta que provocou literalmente uma reviravolta nesses estudos. Eles trabalhavam com uma variedade de planta de dia curto e verificaram que, se o período de **escuridão** fosse interrompido, a planta deixava de florescer, mesmo que essa interrupção fosse por apenas um minuto e com uma lâmpada de 25 watts! Assim, o estímulo indutor de floração **não é a duração do dia, mas o período de exposição ao escuro**. Por outro lado, uma planta de dia longo tem sua indução de floração provocada pela exposição a períodos curtos de escuridão.

Planta de dia curto = Planta de noite longa

Planta de dia longo = Planta de noite curta



### 3.3. Outras Respostas Periódicas

- **Fotoblastismo:** é a germinação das sementes sob a influência da luz. Sementes fotoblásticas positivas germinam em presença de luz, enquanto as fotoblásticas negativas germinam no escuro.
- **Vernalização:** é a germinação ou floração induzidas pelo tratamento com temperaturas baixas. Essa palavra deriva de *vernus*, latim, que significa **primavera**. Isso equivale, na natureza, à passagem por um inverno rigoroso, para florescer ou germinar na primavera.