

MÓDULO 1

A Organização Estrutural dos Seres Vivos

1. A ESTRUTURA DOS SERES VIVOS

Todos os seres vivos são feitos de estruturas microscópicas, conhecidas como células.

A célula é a menor unidade capaz de manifestar as propriedades de um ser vivo; é uma unidade capaz de sintetizar seus componentes, de crescer e de se multiplicar.

Alguns organismos, como as bactérias e amebas, são unicelulares, isto é, consistem apenas de uma única célula. Mas a maioria dos organismos, incluindo humanos, são feitos de bichões de células, ou seja, são pluricelulares.

Quando as células se agrupam, formam os tecidos. O tecido pode ser definido como um conjunto de células semelhantes, adaptadas a uma determinada função. Há quatro tipos básicos de tecidos animais: epitelial, conjuntivo, muscular e nervoso.

Os tecidos, por sua vez, geralmente reúnem-se para formar órgãos, tais como estômago, coração, cérebro, pulmões etc.

Os órgãos, trabalhando em conjunto, formam os sistemas ou aparelhos do organismo. Como exemplos, podemos citar os sistemas digestório, circulatório, respiratório e nervoso.

Um conjunto organizado de sistemas, como um todo, forma um indivíduo ou organismo, conforme se observa na tabela abaixo.



2. A ORGANIZAÇÃO DE UMA CÉLULA

Na maioria dos organismos, as células aparecem nitidamente divididas em três partes: **membrana**, **citoplasma** e **núcleo** (Fig. 1).

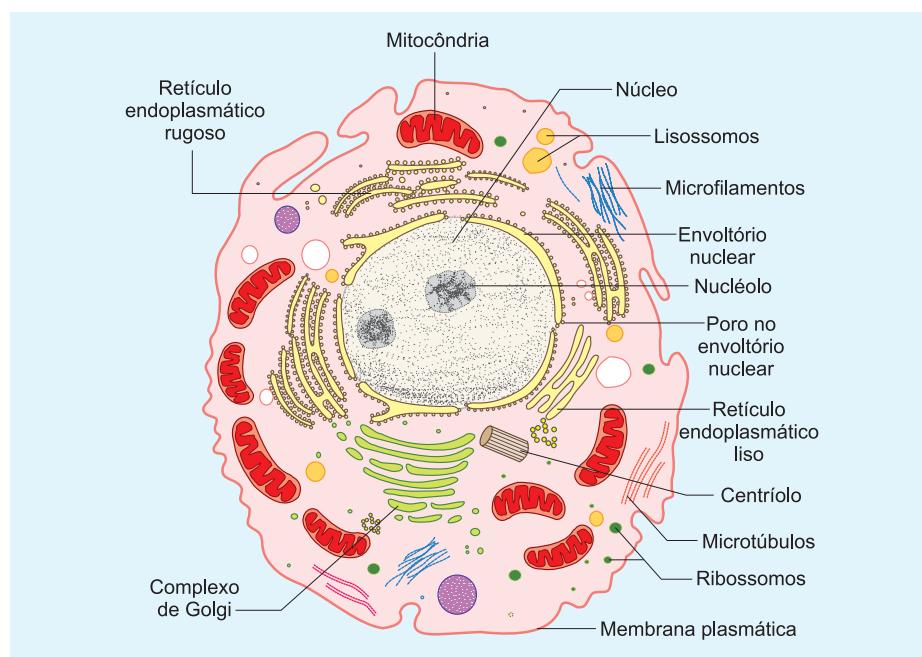


Fig. 1 – A organização geral de uma célula animal.

A membrana envolve e protege a célula, além de regular a entrada e saída de substâncias (permeabilidade seletiva).

No citoplasma, porção mais volumosa, ocorrem os organelos, estruturas com funções específicas, como é o caso de: **retículo endoplasmático** (transporte de substâncias), **ribossomos** (síntese de proteínas), **Complexo de Golgi** (secreção celular), **lisossomos** (digestão celular), **mitocôndrias** (produção de energia) e ainda várias outras. O núcleo contém o material genético, representado pelo DNA, a partir do qual, direta ou indiretamente, acontecem todas as reações celulares. A principal característica da célula eucariótica é a existência de um núcleo bem diferenciado, no qual uma membrana envolve o material genético (DNA).

3. A OBSERVAÇÃO DA CÉLULA

As células geralmente não podem ser vistas a olho nu, pois suas dimensões são muito pequenas. Para ampliar as células e torná-las visíveis, o aparelho habitualmente usado é o microscópio óptico comum (moc) ou microscópio composto, que costuma dar aumentos de até 2.000 vezes. No "moc" as células podem ser observadas vivas ("a fresco") ou mortas ("fixadas") pelo álcool, formol etc. É comum o uso de corantes para dar maior realce às estruturas celulares. Alguns corantes podem ser usados em células vivas (corantes vitais), mas em geral são aplicados após a morte (fixação) da célula. Os órgãos são observados geralmente em finos cortes feitos com um aparelho chamado **micrótomo**.

O aparelho mais especializado para observação da célula é o microscópio eletrônico, que dá aumentos da ordem de até 160.000 vezes. A estrutura da célula observada ao microscópio eletrônico, logicamente

com muito mais detalhes do que ao microscópio comum, é chamada ultraestrutura celular.

4. UNIDADES DE MEDIDA

A unidade habitualmente usada para exprimir dimensões celulares é o micrômetro (μm), que é a milésima parte do milímetro.

Ao descrever as estruturas celulares, usamos o nanômetro e o angström.

O nanômetro (nm) é a milésima parte do micrômetro. O angström (\AA) é a décima parte do nanômetro.

Assim, temos:

$$1\text{mm} = 10.000.000\text{\AA} = \\ = 1.000.000\text{nm} = 1.000\mu\text{m}$$

5. TEORIA CELULAR

Uma das mais importantes generalizações da Biologia é a teoria celular, que afirma:

☐ **Todos os organismos vivos são formados por células**

Tal generalização estende-se desde os organismos mais simples, como bactérias, amebas, até os mais complexos, como um homem ou uma frondosa árvore. Os vírus são exceção, pois não apresentam estrutura celular.

☐ **Todas as reações metabólicas de um organismo ocorrem em nível celular**

Em qualquer organismo, as reações vitais sempre acontecem no

interior das células. Assim, quando um atleta está correndo, toda a atividade muscular envolvida no processo tem lugar no interior da célula muscular.

☐ **As células originam-se unicamente de células preexistentes**

Não existe geração espontânea de células. Por meio de processos de divisão celular, as células-mães produzem células-filhas, provocando a reprodução e o crescimento dos organismos.

☐ **As células são portadoras de material genético**

As células possuem DNA (ácido desoxirribonucleico), por meio do qual características específicas são transmitidas da célula-mãe à célula-filha.

MÓDULO 2

A Estrutura da Membrana Plasmática

1. ESTRUTURA

A membrana plasmática ou celular é uma película delgada e elástica que envolve a célula. Formada por lípides e proteínas (lipoproteica), esta membrana fica em contato, através da face externa, com o meio extracelular e, pela face interna, com o hialoplasma da célula. Sua espessura é da ordem de 75\AA e, como tal, só pode ser observada com o auxílio da microscopia eletrônica, em que aparece como duas linhas escuras separadas por uma linha central clara. Esta estrutura trilaminar é comum às outras membranas encontradas na célula, sendo designada por unidade de membrana. O modelo teórico, atualmente aceito para a estrutura da membrana, é o do mosaico fluido, proposto por Singer e Nicholson.

De acordo com o modelo, a membrana apresenta um mosaico de moléculas proteicas que se movimentam em uma dupla camada fluida de lípides (Fig. 1).

2. FUNÇÕES DA MEMBRANA

- Manter a integridade da estrutura celular. Com a ruptura da membrana, provocada por estímulos físicos ou químicos, o citoplasma extravasa e a célula desintegra-se (citólise).

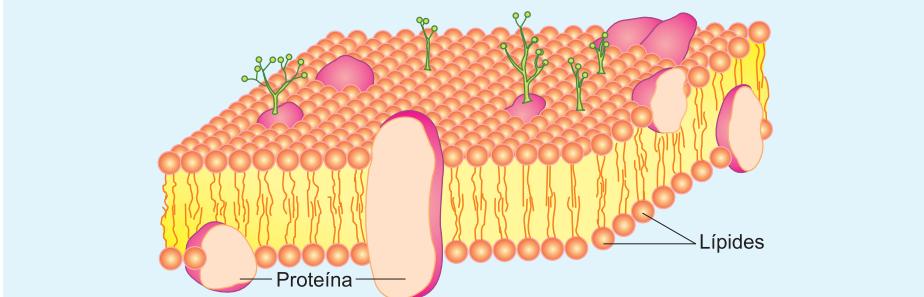


Fig. 1 – O modelo do mosaico fluido.

- Regular as trocas de substâncias entre a célula e o meio, conforme uma propriedade chamada de permeabilidade seletiva.

- Intervir nos mecanismos de reconhecimento celular, através de receptores específicos, moléculas que reconhecem agentes do meio, como, por exemplo, os hormônios.

3. ESPECIALIZAÇÕES DA MEMBRANA

Existem especializações da membrana plasmática ligadas a diferenciações celulares. Assim, temos:

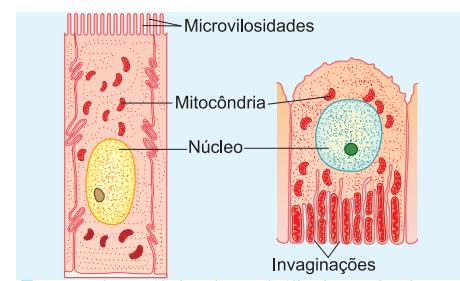
☐ **Microvilosidades**

São delgadas expansões da membrana plasmática, na superfície livre da célula. Estão presentes nas células do epitélio intestinal e servem

para aumentar a superfície de absorção (Fig. 2).

☐ **Invaginações de base**

As células dos canais renais possuem, na base, profundas invaginações relacionadas com o transporte da água reabsorvida pelos canais renais (Fig. 2).



Esquerda: célula do epitélio intestinal com microvilosidades.

Direita: célula do canal renal com invaginações de base.

Fig.2 – Especializações da membrana.

□ Desmosomos

São espécies de “botões adesivos” que aparecem nas membranas adjacentes de células vizinhas. Estão presentes nos epitélios e aumentam a adesão entre as células (Fig. 3).

□ Interdigitações

Correspondem a dobras da membrana, que se encaixam para aumentar a adesão; também ocorrem em células epiteliais (Fig. 3).

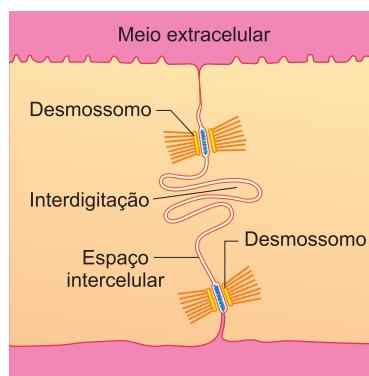


Fig. 3 – Desmosomo e interdigitações.

□ Cutículas

As cutículas são camadas delgadas (películas), que em muitos casos recobrem externamente a membrana plasmática. A composição química dessas películas geralmente é glicoproteica. A cutícula também recebe o nome de glicocálix. As cutículas não são indispensáveis à integridade da célula, mas estão relacionadas com a associação celular na constituição dos tecidos.

MÓDULO 3

A Permeabilidade Celular

1. PERMEABILIDADE SELETIVA

O limite entre o hialoplasma celular e o meio externo é feito através da membrana plasmática. Para viver, a célula necessita retirar alimentos do meio e nele atirar as excretas. Todas as substâncias que são trocadas entre a célula e o meio devem atravessar a membrana plasmática. Dá-se o nome de permeabilidade seletiva da membrana à propriedade que ela apresenta de regular as trocas entre a célula e o meio.

plasmática é semipermeável, ou seja, é permeável ao solvente (água), mas é impermeável aos solutos (saís, açúcares etc.). Osmose é a difusão de água através de uma membrana semipermeável. Quando duas soluções com concentrações diferentes estão separadas por uma membrana semipermeável, a água passa da solução mais diluída (hipotônica) para a menos diluída (hipertônica), tendendo a uma isotonia entre as duas soluções (Fig. 2).

Os efeitos práticos podem ser diferentes meios, de acordo com os observados em hemácias na figura a seguir (Fig. 3).

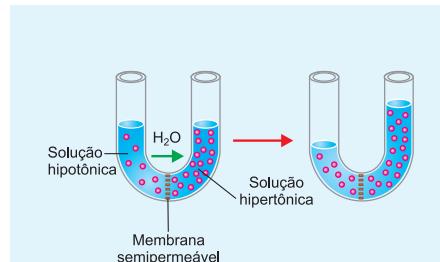


Fig. 2 – A osmose.

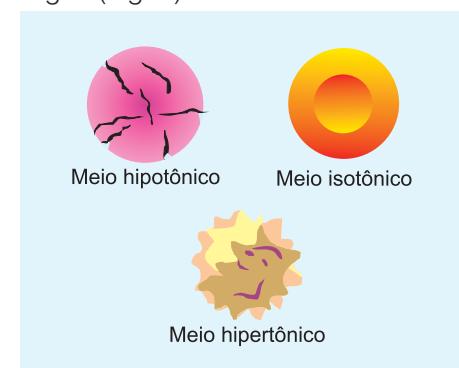


Fig. 3 – Hemácias em meios de concentrações diferentes.

4. PROTEÍNAS TRANSPORTADORAS

Na estrutura da membrana plasmática aparecem várias proteínas transportadoras, macromoléculas especializadas no transporte de subs-

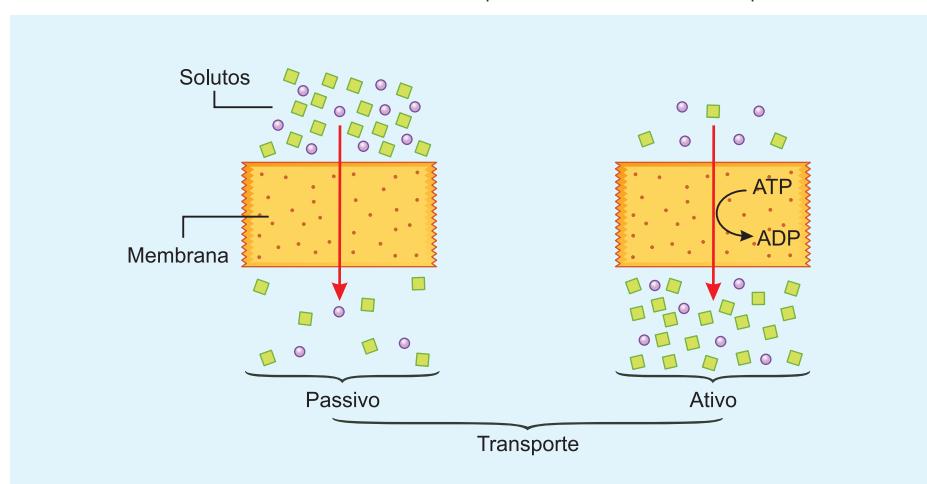


Fig. 1 – Os tipos de transporte.

3. OSMOSE, UM TRANSPORTE PASSIVO

Em condições normais, a água entra e sai continuamente da célula, difundindo-se por meio de um processo designado osmose. A membrana

tâncias específicas. Existem dois tipos de proteínas transportadoras: proteínas carreadoras e proteínas de canal, atuantes em transportes dos tipos ativo e passivo.

5. PROTEÍNAS CARREADORAS OU PERMEASES

As proteínas carreadoras participam de dois processos de transporte: um passivo, a difusão facilitada e outro ativo, as bombas de Na^+ e K^+ .

A **difusão facilitada** é responsável pela passagem de moléculas hidrofílicas, como açúcares e aminoácidos. O processo inicia-se quando uma molécula solúvel, como, por exemplo, a glicose, liga-se, na superfície da membrana, a uma proteína carreadora. Sofrendo mudanças conformacionais (relativas à conformação das moléculas), a permease transfere a molécula de glicose para o interior da célula (Fig. 4).

A difusão facilitada é um transporte passivo por não utilizar energia e ocorrer a favor do gradiente de concentração.

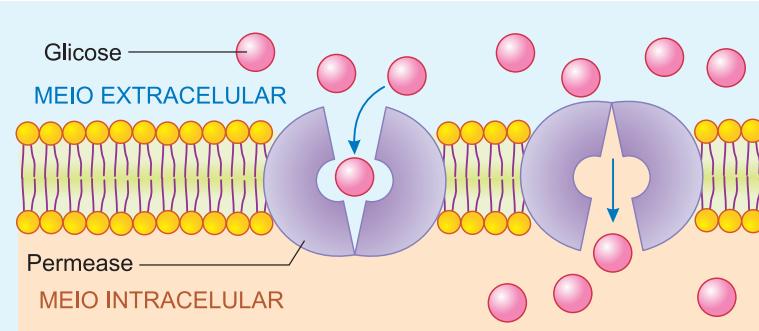


Fig. 4 – Difusão facilitada da glicose.

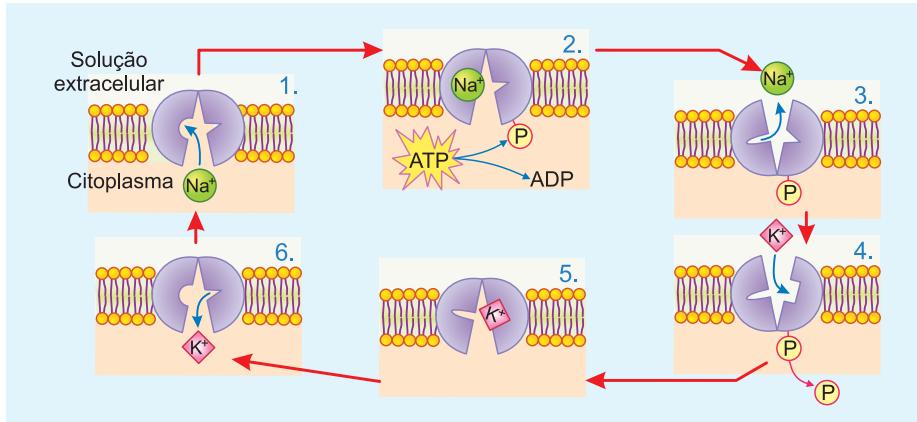


Fig. 5 – A bomba de Na^+ e K^+ .

6. AS BOMBAS DE Na^+ E K^+

Uma hemácia possui no citoplasma uma concentração de K^+ vinte vezes maior do que o plasma circundante e este, por sua vez, tem concentração de Na^+ vinte vezes maior do que a hemácia.

Para manter essa diferença de concentração iônica, a célula continuamente absorve K^+ e elimina Na^+ , através de um transporte ativo conhecido como bomba de Na^+ e K^+ . Uma proteína conhecida como Na^+ e K^+ ATPase funciona como bomba, transportando K^+ para o interior e Na^+ para o exterior da célula. Os íons Na^+ intracelulares ligam-se à ATPase, que, transformando ATP em ADP, obtém a energia necessária à sua mudança de conformação, expelindo-os para o meio extracelular. A seguir, os íons K^+ do meio, por mecanismo idêntico, são transferidos para o citoplasma (Fig. 5).

Como se observa, a bomba de Na^+ e K^+ é um transporte ativo por utilizar energia e ocorrer contra o gradiente de concentração.

7. PROTEÍNAS-CANAL OU PORINAS

Proteínas-canal são moléculas proteicas que formam poros hidrofílicos, também chamados de canais iônicos, que atravessam a dupla camada lípide da membrana. Para a formação de poros, as proteínas apresentam-se pregueadas, de maneira que os aminoácidos hidrofóbicos aparecem internamente, enquanto os hidrofílicos formam o revestimento interno do canal. A maioria das porinas é seletiva, permitindo a passagem de íons de acordo com o tamanho e a carga elétrica. Assim, para exemplificar, canais estreitos bloqueiam íons grandes, enquanto os canais com revestimento interno negativo atraem e permitem a passagem de íons positivos (Fig. 6).

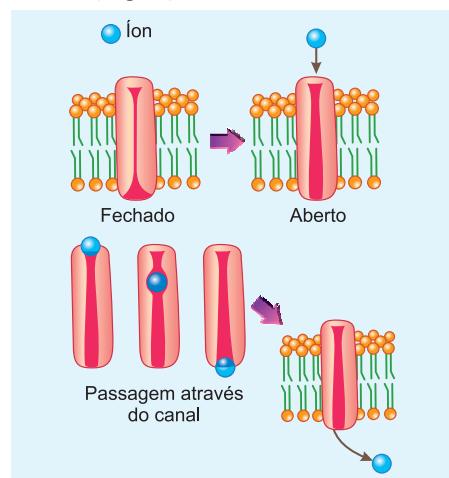


Fig. 6 – Os canais iônicos.

Na maioria dos canais, encontramos “portões” que se abrem ou fecham, regulando a passagem dos íons. A abertura dos portões é controlada por estímulos. Existem canais controlados por voltagem, estimulados por mudanças no potencial de membrana; outros são regulados por ligantes, ou seja, obedecem a um ligante, que é uma molécula sinalizadora que se liga à proteína do canal abrindo-a ou fechando-a.

8. TRANSPORTE EM QUANTIDADE

Também conhecido por endocitose, consiste num método de captura de partículas e moléculas por meio de dois processos: fagocitose e pinocitose.

❑ Fagocitose

É o englobamento de partículas sólidas por meio da emissão de pseudópodes.

Nos protozoários, como nas amebas, por exemplo, participa dos processos de nutrição. Nos animais,

representa um mecanismo de defesa, por meio do qual células chamadas de fagócitos englobam e destroem partículas inertes e microrganismos invasores.

❑ Pinocitose

É o processo de englobamento

de gotículas de líquido.

A membrana invagina-se, formando um túculo, visível apenas ao microscópio eletrônico. A substância líquida penetra no túculo, que, por estrangulamentos basais, origina os microvacúolos ou pinossomos (Fig. 8).

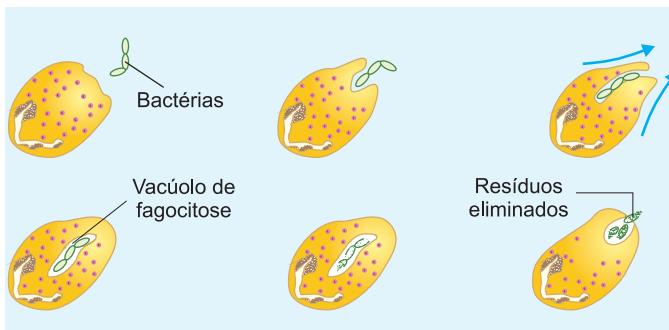


Fig. 7 – Fagocitose de bactérias por um glóbulo branco.

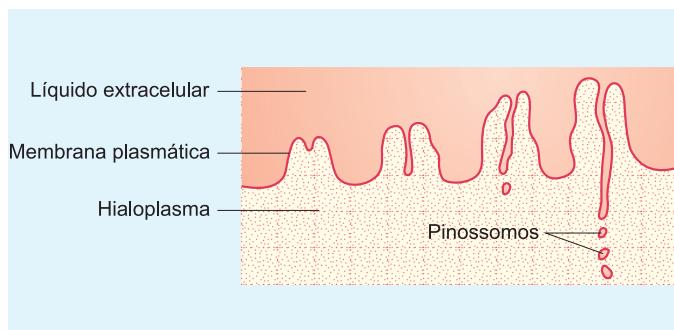


Fig. 8 – A pinocitose.

MÓDULO 4

Mitocôndrias, Retículo Endoplasmático e Complexo Golgiensi

1. MITOCÔNDRIAS

❑ Estrutura

As mitocôndrias são corpúsculos esféricos ou em forma de bastonetes que aparecem imersos no hialoplasma em número variável, segundo o tipo celular. Vista ao microscópio eletrônico, a mitocôndria apresenta uma ultraestrutura típica, sendo delimitada por duas unidades de membrana, a externa e a interna, separadas por um espaço, a câmara externa. A membrana interna limita a matriz mitocondrial e forma, para o interior desta, uma série de invaginações denominadas cristas mitocondriais (Fig. 1).

A matriz é uma substância amorfã em que aparecem moléculas de DNA, RNA, ribossomos e granulações densas com 500 Å de diâmetro. As mitocôndrias formam-se a partir da divisão de outras preexistentes.

❑ Função

No interior das mitocôndrias, ocorrem duas etapas da respiração aeróbica: o ciclo de Krebs, desenvolvido na matriz mitocondrial, e a cadeia respiratória, realizada nas cristas mitocondriais.

2. RIBOSOMOS

❑ Estrutura

Os ribossomos são organoides

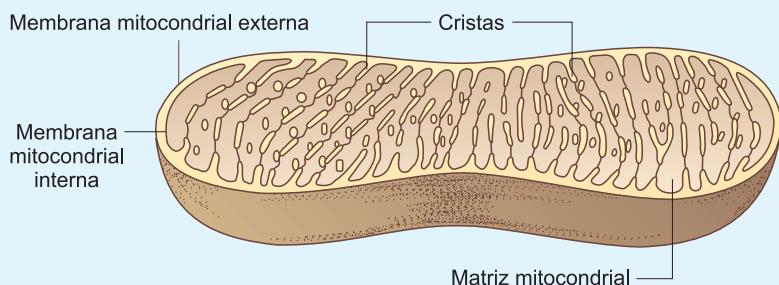


Fig. 1 – A estrutura de uma mitocôndria.

que se apresentam sob a forma de partículas globulares com 15 a 20 nm de diâmetro. São constituídos por duas subunidades de tamanhos diferentes, formadas por RNAr e proteínas (Fig. 2).

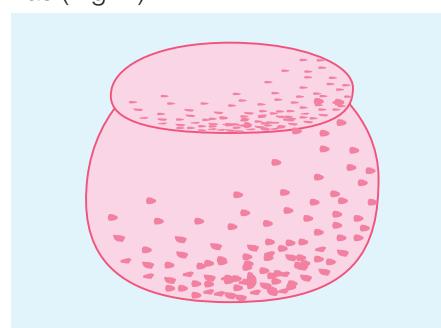


Fig. 2 – O ribossomo.

Aparecem livres no citoplasma ou associados às membranas do retículo endoplasmático. Tanto os ribossomos livres quanto os que integram o retículo

endoplasmático associam-se a filamentos de RNA mensageiro, constituindo os polissomos ou poliribossomos.

Os ribossomos originam-se do nucléolo, sendo a sede da síntese proteica. Os aminoácidos são encadeados ao nível dos ribossomos para constituir uma proteína. A biossíntese proteica será estudada mais adiante (Fig. 3).

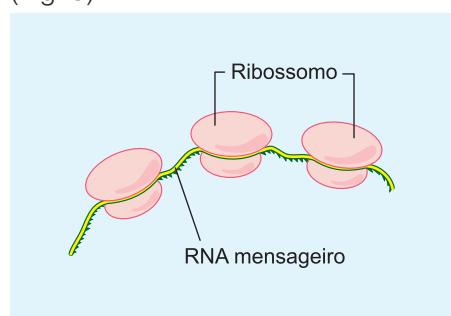


Fig. 3 – O poliribossomo.

3. RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO

□ Estrutura

O retículo endoplasmático (RE) é um sistema de sáculos (sacos achata-dos) e canalículos, limitados sempre por membranas lipoproteicas, com-preendendo dois sistemas: o retículo endoplasmático granular (REG) e o retículo endoplasmático liso (REL). O REG apresenta sáculos cujas mem-branas são recobertas por ribos-somos. O REL é um conjunto de canalícu-los ou túbulos anastomosa-dos, caracterizados pela ausênci-a de ribossomos (Fig. 4).

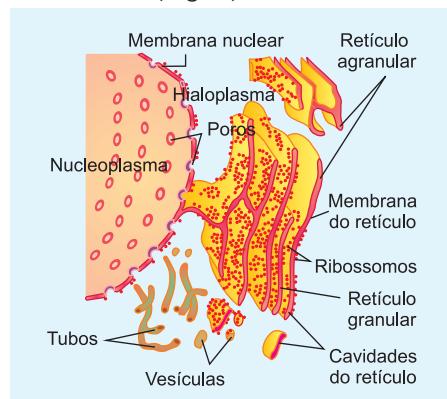


Fig. 4 – O retículo endoplasmático.

□ Função

O RE executa as seguintes funções:

1. **Transporte.** O RE assegura o transporte de **substâncias**, rea-lizando uma verdadeira circulação intracelular; por meio dele tam-bém são feitas trocas entre a célula e o meio circundante.

2. **Síntese.** Provisto de ribossomos, o REG age ativamente na síntese proteica. Sabe-se que o REL é responsável pela síntese de lípi-des e de esteroides, hormônios derivados do colesterol. As mem-branas do REL são sintetizadas pelo REG.

3. **Armazenamento.** O RE ar-mazena e concentra substâncias provenientes do meio extracelular, por meio da pinocitose, bem como substâncias produzidas pela própria célula, como é o ca-so dos anticorpos que se acu-mulam no RE dos plasmócitos.

4. **Detoxificação.** Consiste no processo de inativação de dro-gas. Quando se administra a um animal uma grande quantidade de drogas, verificam-se acentua-da atividade enzimática e uma hipertrofia do REL. Evidentemen-te que as citadas enzimas pro-vocam a decomposição das dro-gas, fato bem evidenciado nos hepatócitos.

4. COMPLEXO DE GOLGI

□ Estrutura

Também chamado de aparelho de Golgi, é constituído por uma pilha de vesículas achata-das e circulares e outras menores e esféricas que bro-tam a partir das primeiras. Suas mem-branas são lipoproteicas e nunca apresentam ribossomos. Na maioria das células situa-se, quase sempre,

ao lado do núcleo; nas células vege-tais aparece difuso no citoplasma, for-mando o **golgiossomo** ou **dic-tiossomo**. O complexo de Golgi ori-gina-se do REL (Fig. 5).

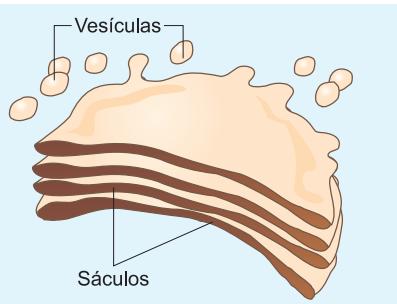


Fig. 5 – Complexo de Golgi.

□ Função

O complexo de Golgi executa as seguintes funções:

- Concentração de proteínas a serem secretadas pela célula.
- Formação do acrossomo do espermatozoide.
- Síntese de polissacarídeos. Na célula vegetal, por exemplo, o com-plexo de Golgi produz a **pectina**, polissacarídeo que entra na consti-tuição da parede celular.
- Produção de **grãos de zimó-genos**, vesículas contendo enzimas concentradas presentes nas células acinosa-s do pâncreas. Provenientes do complexo de Golgi, tais grânulos migram até a membrana plasmática, lançando o seu conteúdo no interior do ácino.
- Síntese de glicoproteínas, co-mo as enzimas lisossômicas e as imunoglobulinas.

MÓDULO 5

Lisossomos – Peroxisomos, Microtúbulos e Centríolos

1. LISOSOMOS

□ Estrutura

Os lisossomos são corpúsculos geralmente esféricos, constituídos por uma membrana envolvendo enzimas hidrolíticas. A membrana lisossómica não é atacada pelas enzimas que envolve. Tal fato se deve à existência de um revestimento glicoproteico protetor em sua face interna. Aparecem nas células animais e já foram ob-servados em vegetais e protozoários. A síntese das enzimas lisossômicas ocorre no retículo endoplasmático

rugoso. Daí elas atingem o complexo de Golgi, onde, por brotamento, são formados os lisossomos.

□ Função

Por meio das enzimas hidroli-santes que possuem, os lisossomos agem na digestão intracelular de partícu-las. Conforme a origem do ma-terial digerido, a sua função pode ser heterofágica ou autófágica.

• Função heterofágica

Consiste na digestão de partí-culas englobadas pela célula por

meio da fagocitose ou da pinocitose. Os lisossomos recém-formados, de-signados **lisossomos primários**, fundem-se com as vesículas de fa-gocitose ou **fagossomos** e as de pinocitose ou **pinossomos**, resul-tando um vacúolo digestório hetero-fágico também chamado de lisos-somo secundário. No interior desse vacúolo, ocorre a digestão do ma-terial ingerido pela célula. Os pro-ductos resultantes da digestão passam ao citoplasma e são aproveitados pela célula. Após a digestão, podem permanecer no vacúolo digestório

resíduos que resistiram ao processo digestório. Ao vacúolo digestório que contém material não digerido dá-se o nome de **corpo residual**. Circulando pelo citoplasma, o corpo residual entra em contato com a membrana da célula, funde-se com ela e elimina os produtos para o meio externo. Tal processo é designado **exocitose, plasmocitose ou defecação celular** (Fig. 1).

• Função autófágica

Consiste na digestão de estruturas celulares. A autófagia caracteriza-se pelo aparecimento de vacúolos autófagossomos contendo estruturas celulares: mitocôndrias, cloroplastos etc. As membranas de tais vacúolos seriam originadas no retículo endoplasmático liso ou no complexo de Golgi. A autófagia é um processo de renovação das estruturas celulares, substituindo organelas velhas por novas.

• Autólise

A ruptura da membrana lisosómica liberta as enzimas hidrolíticas que provocam a digestão e desintegração celular (autólise). Isto ocorre, por exemplo, na regressão da cauda dos girinos durante a sua metamorfose para sapos. A autólise também é um dos processos responsáveis pela desintegração dos cadáveres.

2. PEROXISSOMOS

Os peroxissomos são organelas esféricas, com diâmetro variando de 0,1 a 0,51 µm, delimitadas por uma membrana. No seu interior aparecem enzimas, sendo mais típica e constante a **catalase**.

O metabolismo celular forma peróxido de hidrogênio (H_2O_2) ou água oxigenada, substância tóxica que danifica estruturas celulares. A catalase existente nos peroxissomos protege a célula contra a ação do H_2O_2 , decompondo-o em H_2O e O_2 .

3. MICROTÚBULOS

Observáveis apenas ao microscópio eletrônico, os microtúbulos constituem cilindros longos e delgados, com 25 a 30 nm de diâmetro.

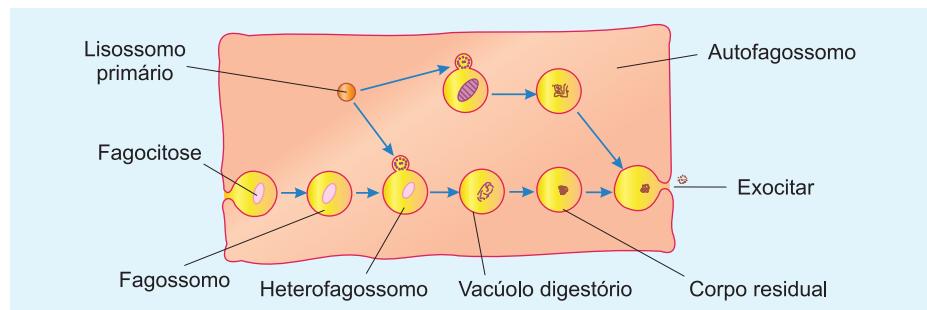


Fig. 1 – A ação dos lisossomos.

Cada microtúbulo é formado por uma hélice de moléculas globosas de uma proteína, a **tubulina** (Fig. 2).

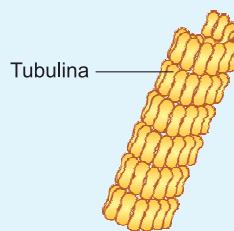
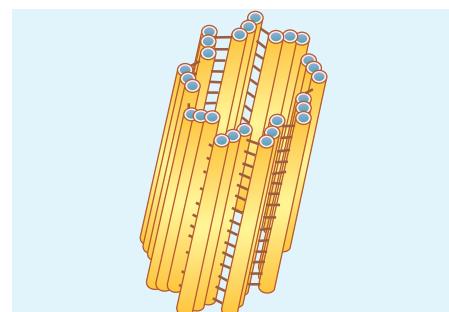


Fig. 2 – Estrutura do microtúbulo com subunidades de tubulina.

Várias funções são atribuídas aos microtúbulos, dentre as quais:

- formação do áster e do fuso mitótico durante a divisão celular;
- formação de um citoesqueleto que age na morfogênese celular;
- estrutura de cílios e flagelos;
- migração de vacúolos digestórios.



A estrutura do centrólo.

4. CENTRÍOLOS

□ Estrutura

O centro celular ou centrólo é um

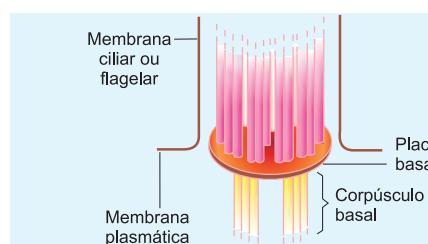


Fig. 3 – A estrutura de um cílio ou flagelo.

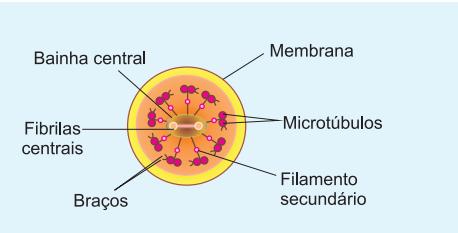
organoide que aparece perto do núcleo, no centro de uma região chamada centrosfera. O microscópio eletrônico mostra que cada centrólo é um cilindro cuja parede é constituída por 27 microtúbulos dispostos em nove feixes, cada um deles com três microtúbulos paralelos. Cada célula apresenta dois centrólos perpendiculares um ao outro. Não existem nos vegetais superiores, estando presentes em algas e fungos.

Durante a mitose o centrólo duplica-se e orienta a formação do fuso mitótico, estrutura responsável pela distribuição dos cromossomos entre as células-filhas. Também atuam na formação dos corpúsculos basais de cílios e flagelos (Fig. 3).

5. CÍLIOS E FLAGELOS

□ Estrutura

Cílios e **flagelos** são projeções filiformes, que agem na movimentação das células. Os cílios são curtos e numerosos, enquanto os flagelos são longos e em número reduzido. Cílios e flagelos possuem a mesma estrutura, onde aparecem nove pares de microtúbulos, dispostos em círculo ao redor de um par central; tais túbulos são envolvidos por um prolongamento da membrana plasmática. Cílios e flagelos inserem-se em estruturas denominadas corpúsculos basais, formações semelhantes aos centrólos.



Função

Cílios e flagelos determinam a motilidade de espermatozoides, bactérias, algas e protozoários. Epitélios ciliados promovem a movimentação de partículas, como é o caso das vias respiratórias. O estudo da fisiologia animal evidencia um grande número de exemplos de estruturas ciliadas.

MÓDULO 6

O Núcleo

1. O NÚCLEO INTERFÁSICO

Interfase é o intervalo de tempo que separa duas divisões sucessivas de uma célula. Durante esse período, o núcleo se chama interfásico. Na interfase a atividade do núcleo é alta, pois, além da duplicação do DNA, ocorre nele uma série de processos que controlam a vida celular.

No núcleo interfásico, distinguimos os seguintes componentes: membrana nuclear, nucleoplasma, nucléolos e cromatina (Fig. 1).

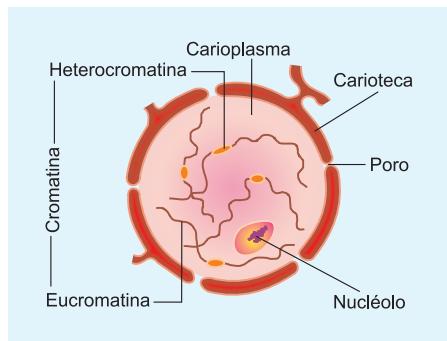


Fig. 1 – Núcleo interfásico.

2. MEMBRANA NUCLEAR

Também chamada de carioteca ou cariolema, a membrana nuclear é uma diferenciação local do retículo endoplasmático, caracterizada pela presença de numerosos poros. Observada ao microscópio eletrônico, apresenta-se constituída por duas lâminas: a interna, envolvendo o nucleoplasma, e a externa, em contato com o hialoplasma e contendo ribossomos. Entre as duas membranas, situa-se uma cavidade, o espaço perinuclear. Quimicamente, a carioteca possui a mesma composição do plasmalema e do retículo endoplasmático: contém fosfolipídeos e proteínas (membrana lipoproteica).

Através dos poros, são realizadas trocas entre o núcleo e o citoplasma. A quantidade de poros varia com o estágio funcional da célula.

3. NUCLEOPLASMA

O nucleoplasma é um gel proteico cujas propriedades são comparáveis às do hialoplasma. Também é chamado de suco nuclear, cariolinha e carioplasma e pode acumular produtos resultantes da atividade nuclear, como RNA e proteínas.

4. NUCLÉOLO

Nucléolos são estruturas esféricas e densas, com 1 a 3 µm de diâmetro, que aparecem imersas no nucleoplasma. Apesar de existirem núcleos com dois ou mais nucléolos, geralmente encontramos apenas um em cada núcleo. Ao microscópio eletrônico, verifica-se que ele não apresenta membrana e é formado por uma porção fibrilar e enovelada, o nucleoplasma. Quimicamente, é composto por RNA ribossômico, proteínas e fosfolipídeos, existindo pequena quantidade de DNA. Com a carioteca, o nucléolo desaparece no início da divisão celular. No fim da mitose (telófase), o nucléolo reaparece originado de um cromossomo especializado, o chamado cromossomo organizador de nucléolos.

O nucléolo é o elemento responsável pela síntese do ácido ribonucleico dos ribossomos (RNAr).

O nucléolo origina os ribossomos.

5. CROMATINA

Cromossomos são estruturas celulares portadoras dos genes. No núcleo interfásico, os cromossomos estão representados por um amontoado de grânulos e filamentos dificilmente observáveis ao microscópio óptico. A todo esse conjunto de material cromossômico interfásico dá-se o nome de cromatina.

Sabe-se que a cromatina é for-

mada por longos filamentos, constituídos por DNA e proteínas, que se apresentam em vários graus de condensação ou espiralização.

A cromatina é classificada em eucromatina e heterocromatina, sendo o critério usado a condensação.

A eucromatina aparece na interfase descondensada e geneticamente ativa; já a heterocromatina se encontra condensada e inativa (Fig. 2).

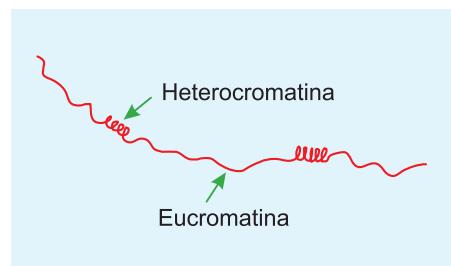


Fig. 2 – Os tipos de cromatina.

6. A RNP

O tamanho do núcleo também é variável, mas fixo para cada tipo celular e vinculado ao volume da célula. Tal vinculação se expressa pela Relação de Hertwig ou Relação Nucleoplasmática (RNP):

$$RNP = \frac{\text{volume nuclear}}{\text{volume celular} - \text{volume nuclear}}$$

A RNP é elevada na célula embrionária, graças ao maior volume do núcleo, mas diminui durante o crescimento celular, enquanto o volume citoplasmático aumenta e o volume nuclear fica inalterado. Quando a RNP atinge certo valor mínimo, a célula se divide.

7. FUNÇÃO

O núcleo, por meio do DNA, controla todas as atividades celulares, sendo responsável pelo crescimento, diferenciação e divisão da célula.

1. CROMATINA E CROMOSSOMOS

No início da divisão celular, os cromossomos organizam-se a partir da cromatina do núcleo interfásico.

A cromatina e os cromossomos representam dois estados diferentes de um mesmo material. A cromatina é constituída por filamentos delgados e longos que se espiralizam no momento da divisão, formando espiras cerradas, que constituem os cromossomos (Fig. 1).

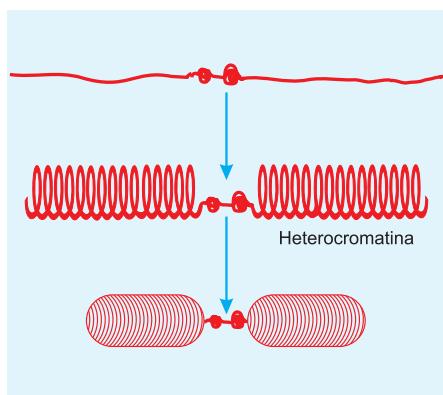


Fig. 1 – A condensação cromossônica.

2. FORMA

A observação de um cromossomo condensado mostra-nos que este, em geral, apresenta uma região estrangulada que o divide em duas partes chamadas braços. Esse estrangulamento serve para fixação do cromossomo nas fibras do fuso durante a mitose e recebe o nome de constrição primária, centrômero ou cinetocoro (Fig. 2).

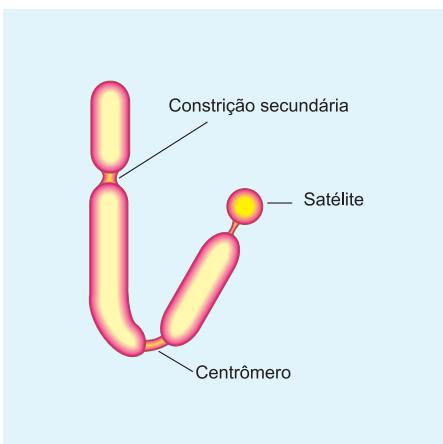


Fig. 2 – Organização de um cromossomo.

Além da constrição primária, certos cromossomos apresentam estreitamentos que aparecem sempre no mesmo lugar; são as chamadas constrições secundárias, muito utilizadas no reconhecimento e caracterização dos cromossomos no cariótipo.

Na extremidade de um dos braços, em certos cromossomos há uma pequena esfera presa por fina trabécula; trata-se do satélite, importante na caracterização do cromossomo.

3. NÚMERO

O número de cromossomos é constante para indivíduos de uma mesma espécie. Assim, o homem possui 46 cromossomos; o gado, 60; a ervilha, 14; o feijão, 22; o tabaco, 48 etc.

Esse número de cromossomos, encontrado nas células do corpo ou células somáticas, é representado por $2n$ e chamado diploide. Isso se dá porque cada cromossomo se apresenta em duplicata, designando-se o par de cromossomos idênticos como cromossomos homólogos.

As células sexuais ou gametas, que contêm a metade do número de cromossomos das células somáticas, são designadas haploides (n) (Fig. 3).

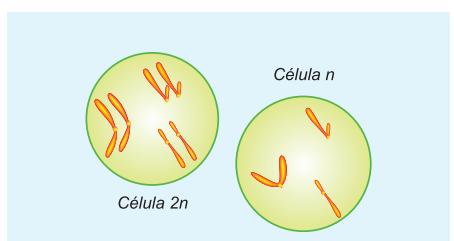


Fig. 3 – Células diploides e haploides.

4. ORGANIZAÇÃO MOLECULAR DOS CROMOSSOMOS

Quimicamente o cromossomo é constituído pelo DNA associado a proteínas básicas denominadas histonas. Observada ao microscópio eletrônico, a cromatina aparece constituída por fibras de, aproximadamente, 30 nm de diâmetro, com uma estrutura que lembra um “colar de contas”. As contas representam os chamados nucleossomos, sendo o fio que as une repre-

sentado pelo DNA. Cada nucleossomo é um octâmero, por ser formado por 8 moléculas de histonas, nas quais se enrola, helicoidalmente, o DNA. Uma histona, situada por fora de cada nucleossomo, controla a condensação da cromatina (Fig. 4).

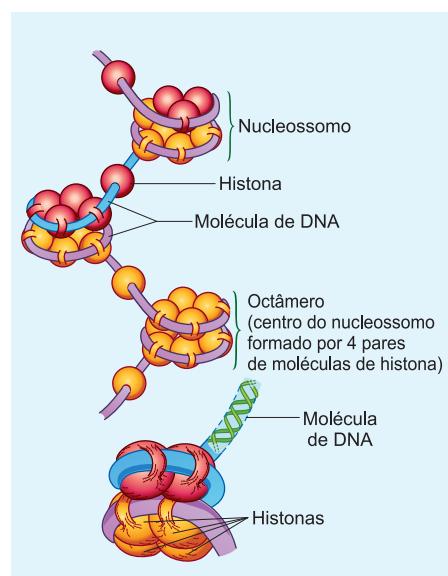


Fig. 4 – A organização molecular da cromatina.

5. CICLO CROMOSSÔMICO

Na interfase, o cromossomo aparece descondensado e sofre o processo de duplicação. A condensação começa na prófase e atinge o grau máximo na metáfase. A divisão do centrômero ocorre na anáfase e a descondensação na telófase (Fig. 5).

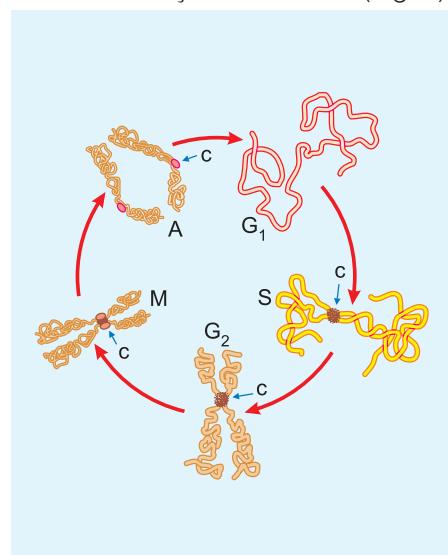


Fig. 5 – O ciclo cromossômico.

6. CROMÁTIDES

A duplicação cromossômica, feita longitudinalmente, ocorre na interfase.

Após a duplicação, cada cromosoma está constituído por duas metades, denominadas cromátides, unidas pela região do centrômero. Portanto, cromátides são as partes de um cromossomo duplicadas enquanto ainda se acham ligadas pelo centrômero (Fig. 6).

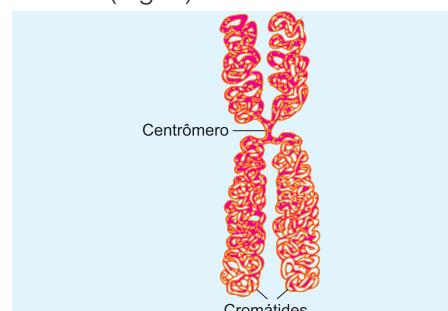


Fig. 6 – Cromossomo duplicado.

7. TIPOS

Conforme a posição do centrômero, distinguem-se quatro tipos de cromossomos (Fig. 7).

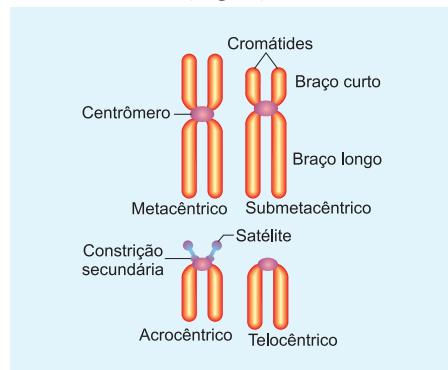


Fig. 7 – Tipos de cromossomos.

□ Telocêntrico

Cromossomo com centrômero terminal.

□ Acrocêntrico

O centrômero é subterminal, ou seja, situa-se quase na extremidade do cromossomo, dividindo-o em dois braços, um grande e outro muito pequeno.

□ Metacêntrico

O centrômero é mediano e divide o cromossomo em dois braços de igual tamanho.

□ Submetacêntrico

O centrômero é submediano e divide o cromossomo em dois braços de tamanhos diferentes.

8. O CARIÓTIPO

Geralmente, o número, tamanho e forma de cromossomos de uma determinada espécie são constantes. Ao conjunto de características de constantes cromossômicas (forma, número, tamanho etc.) de um indivíduo denomina-se cariótipo.

Na figura abaixo, observamos o cariótipo humano (Fig. 8).

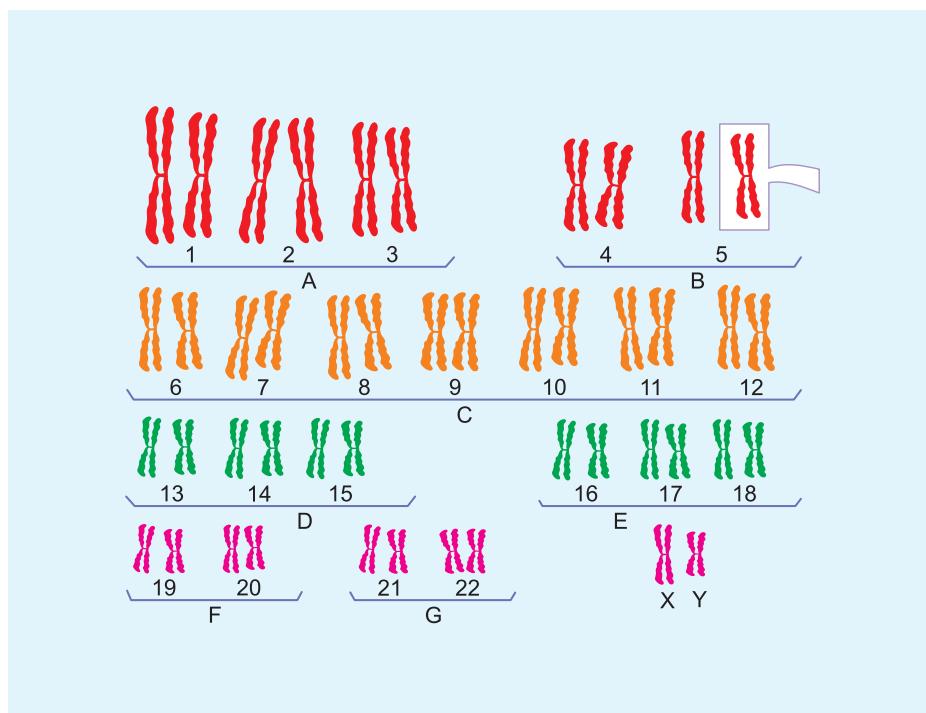


Fig. 8 – O cariótipo humano.

MÓDULO 8

A Mitose

1. A DIVISÃO CELULAR

Existem dois processos de divisão celular: a **mitose** e a **meiose**, cada um deles com objetivos específicos.

Mitose é o processo de divisão celular que permite a distribuição dos cromossomos e dos constituintes citoplasmáticos da célula-mãe igualmente entre as duas células-filhas. Tal processo é responsável pela multiplicação dos indivíduos unicelulares, pelo crescimento dos pluricelulares e pelo aumento do número de células (Fig. 1).

Ocorre em células haploides e diploides. Na meiose, ocorre a chamada redução cromática, ou seja, o material genético é reduzido à metade. Na meiose, uma célula diploide origina quatro células haploides. A meiose ocorre na formação de gametas em animais e de esporos em vegetais (Fig. 2).

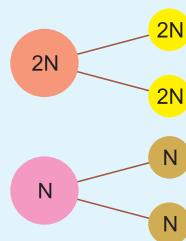


Fig. 1 – Mitose.

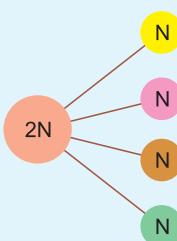


Fig. 2 – Meiose.

2. A MITOSE

A mitose é um processo contínuo que, para efeito didático, é dividido em quatro fases: prófase, metáfase, anáfase e telófase.

□ Prófase

A prófase começa com o aumento do volume nuclear e com a condensação da cromatina, formando os cromossomos.

Verifica-se que cada cromossomo é constituído de duas cromátides unidas pelo centrômero, o que significa que a duplicação dos cromossomos ocorreu antes da prófase, ou seja, na interfase (Fig. 3).

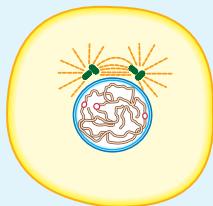


Fig. 3 – Início da prófase.

No citoplasma, o início da prófase é marcado pela duplicação dos centriolos, que se envolvem radialmente pelas fibras do áster. Cada um dos centriolos resultantes vai migrando para os polos opostos da célula (Fig. 4).

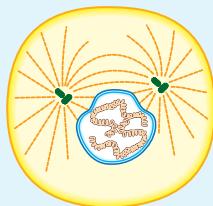


Fig. 4 – Meio da prófase.

Durante a migração dos centriolos, o hialoplasma vai formando entre eles um conjunto de fibras, constituindo o chamado fuso mitótico.

A carioteca fragmenta-se e o fuso passa a ocupar a zona axial da célula (Fig. 5).

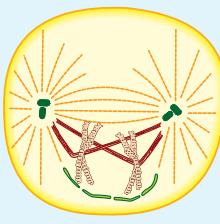


Fig. 5 – Fim da prófase.

□ Metáfase

Os cromossomos atingem seu grau máximo de condensação e colocam-se no equador do fuso. Através do centrômero, os cromossomos estão ligados às fibras do fuso. Há dois tipos de fibras no fuso: as contínuas, que vão de centriolo a centriolo, e as cromossômicas, que vão de centriolo a centrômero.

É a melhor fase para estudo do cariótipo.

Cariótipo é o conjunto de dados relativos ao número, à forma e ao tamanho dos cromossomos de uma determinada espécie (Fig. 6).

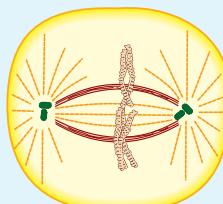


Fig. 6 – A metáfase.

□ Anáfase

A anáfase começa pela duplicação dos centrômeros, libertando as cromátides, que agora passam a ser denominadas cromossomos-filhos. Em seguida, as fibras cromossômicas encolhem-se, puxando os cromossomos para os polos do fuso. (Fig. 7).

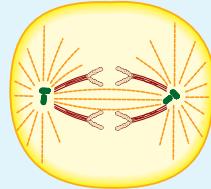


Fig. 7 – A anáfase.

□ Telófase

Agora os cromossomos chegam aos polos e sofrem o processo de descondensação. A membrana nuclear reconstitui-se a partir do retículo endoplasmático. Os nucléolos tornam a se formar na altura da constrição secundária de certos cromossomos, os chamados cromossomos organizadores nucleolares. Assim termina a divisão nuclear ou cariocinese, produzindo dois novos núcleos com o mesmo número cromossômico da célula-mãe. A seguir, acontece a divisão do citoplasma ou citocinese. Na região equatorial, a membrana plasmática invagina-se, formando um sulco anular cada vez mais profundo e terminando por dividir totalmente a célula (Figs. 8 e 9).

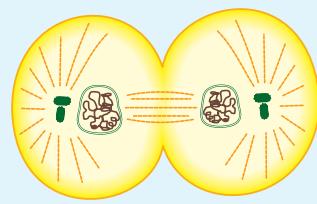


Fig. 8 – Início da telófase.

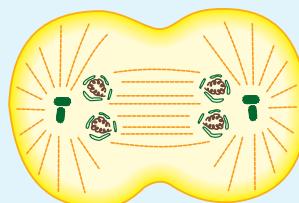


Fig. 9 – Fim da telófase.

1. O CICLO MITÓTICO

Interfase é o período que separa duas mitoses. Tal período caracteriza-se por intensa atividade metabólica, resultante da descondensação cromossômica.

A interfase é dividida em três períodos (G_1 , S e G_2). O período durante o qual ocorre a duplicação do DNA é chamado de S; G_1 (do inglês *gap* = intervalo) é o período que antecede a síntese de DNA; G_2 é o período que sucede a síntese de DNA e antecede a mitose.

Em G_1 , ocorre intensa síntese de RNA e proteínas, provocando o crescimento da célula. No período S, acontece a síntese de DNA, determinando a duplicação dos cromossomos. No período G_2 , há pouca síntese de RNA e de proteínas (Fig. 1).

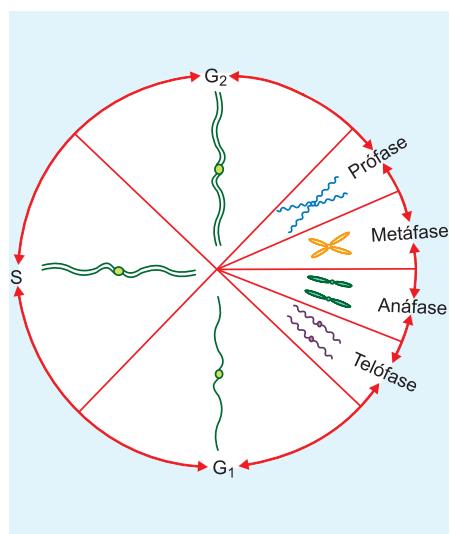


Fig. 1 – O ciclo celular.

O gráfico abaixo mostra a variação da quantidade de DNA no ciclo celular.

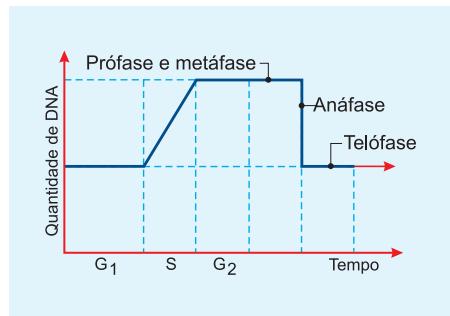


Gráfico da variação da quantidade de DNA no ciclo mitótico.

2. OS AGENTES ANTIMITÓTICOS

Também chamados de inibidores da mitose, os agentes antimitóticos compreendem radiações ou substâncias químicas capazes de bloquear as mitoses. Esses inibidores atuam principalmente sobre o DNA, o fuso e a citocinese.

Inibidores da síntese do DNA

Sabemos que a mitose só acontece após a síntese do DNA, que ocorre na interfase. Por essa razão, os agentes que impedem a síntese do DNA atuam como antimitóticos. Entre os bloqueadores da síntese do DNA, citaremos os raios X e a aminopterina.

Inibidores do fuso mitótico

Quando uma célula é tratada pela colchicina, os fenômenos mitóticos desenrolam-se normalmente até a metáfase, mas o fuso de divisão não se forma. A célula pode voltar a um estado interfásico, ficando tetraploide.

O mesmo acontece quando as células absorvem a vincalencoblastina (Fig. 2).

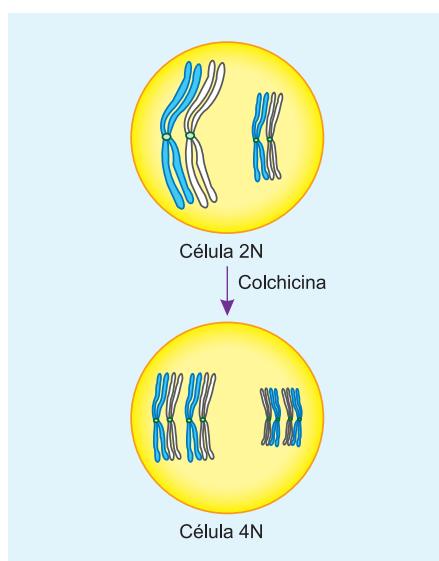


Fig. 2 – A tetraploidia.

Inibidores da citocinese

A cisteamina e a citocalasina inibem a divisão do citoplasma e provocam a formação de células binucleadas.

3. DIFERENÇAS ENTRE A MITOSE ANIMAL E A VEGETAL

Os fenômenos morfológicos da mitose, anteriormente descritos, são observados nas células animais, e o mesmo processo, com duas diferenças fundamentais, acontece nas células vegetais.

Mitose astral e anastral

Na célula animal, os centríolos aparecem envolvidos pelas fibras do áster, falando-se em mitose astral. Os vegetais superiores não possuem centríolo e, consequentemente, não formam ásteres; tal mitose é conhecida por anastral (Fig. 3).

Citocinese

Na célula animal, a citocinese ocorre por estrangulamento da membrana plasmática, sendo chamada de centrípeta. Já nos vegetais não ocorre o processo de estrangulamento cito-plasmático. Na região equatorial, aparecem, no meio do fuso, vesículas limitadas por uma membrana.

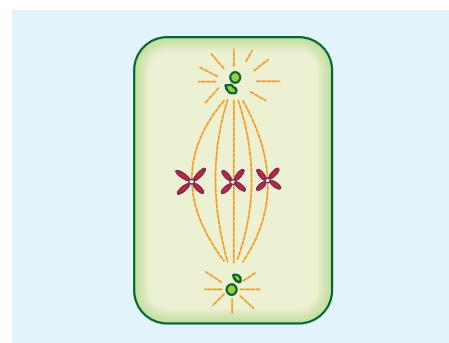


Fig. 3a – Mitose cêntrica e astral.

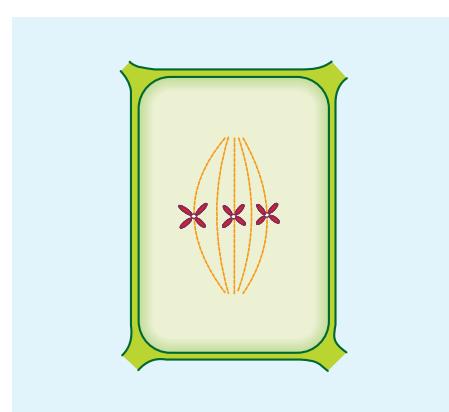


Fig. 3b – Mitose acêntrica e anastral.

Inicialmente, as vesículas aparecem na região central e depois aumentam para a periferia; por isso, falamos em divisão centrífuga.

O conjunto de tais vesículas constitui o **fragmoplasto**. As vesículas fundem-se, formando uma lâmina que separa as duas células-filhas. No interior da cavidade formada pela confluência de tais vesículas, acumula-se celulose, originando nova membrana esquelética (Fig. 4).

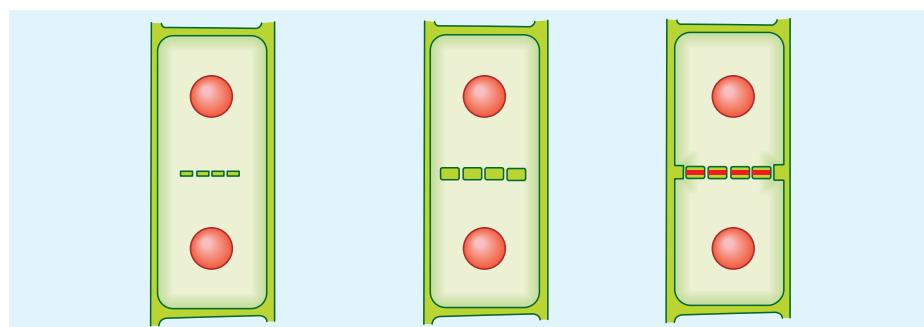


Fig. 4 – A citocinese centrífuga.

MÓDULO 10

A Meiose

1. CONCEITO

Meiose é o processo de divisão celular pelo qual uma célula diploide forma células haploides. A meiose consiste em duas divisões celulares, acompanhadas por uma só duplicação cromossômica.

Assim, ao sofrer a meiose, uma célula diploide ($2n$) produz quatro células haploides (n) de acordo com a Fig. 1.

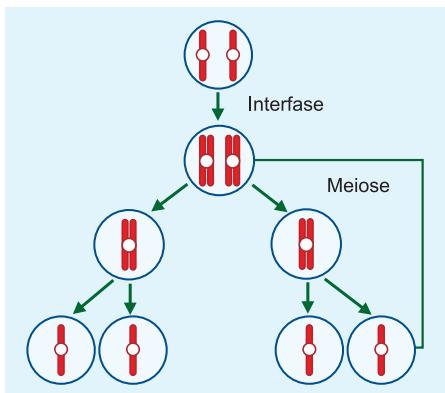


Fig. 1 – A meiose.

2. IMPORTÂNCIA

A meiose é um fenômeno de dupla importância:

1º) Por reduzir o número de cromossomos, permite que o número cromossômico seja mantido constante na espécie (Fig. 2).

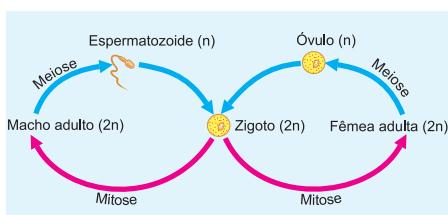


Fig. 2 – Ciclo reprodutivo.

2º) Permite a troca de partes entre cromossomos homólogos, por permutação, produzindo novas combinações gênicas e aumentando a variabilidade das espécies (Fig. 3).

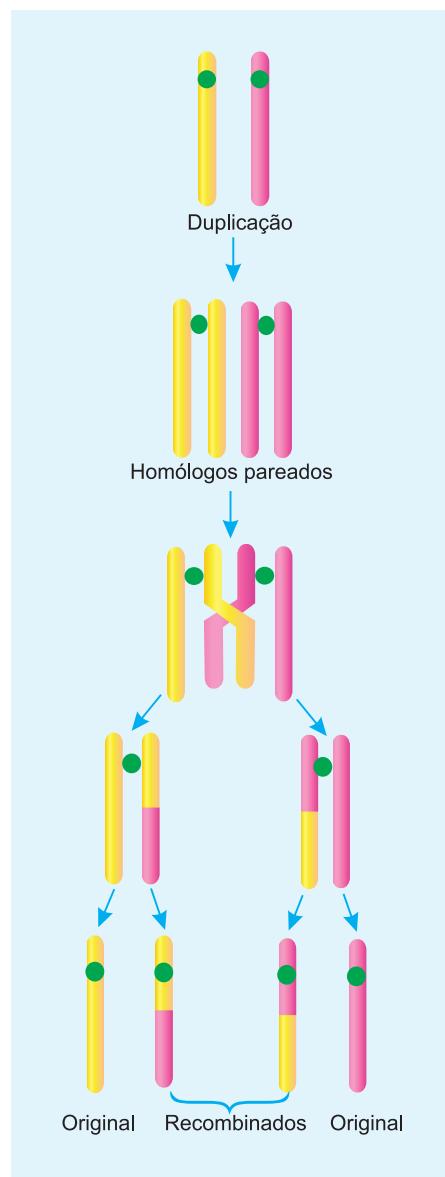


Fig. 3 – A permutação.

3. PROCESSO MEIÓTICO

A primeira divisão meiótica é chamada reducional, pois reduz o número de cromossomos de um estado diploide para haploide. A segunda divisão é chamada equacional, porque separa as cromátides e mantém o número haploide (Fig. 4).

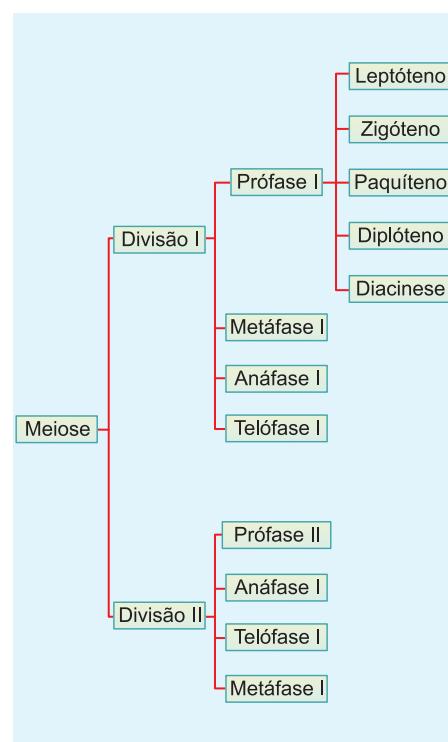


Fig. 4 – Esquema geral da meiose.

Divisão I

Também chamada de divisão reducional, caracteriza-se por apresentar uma prófase longa, complexa e dividida em vários estágios. Como características marcantes, apresenta: pareamento cromossômico, crossing-over e ausência de divisão dos centrômeros (Fig. 5).

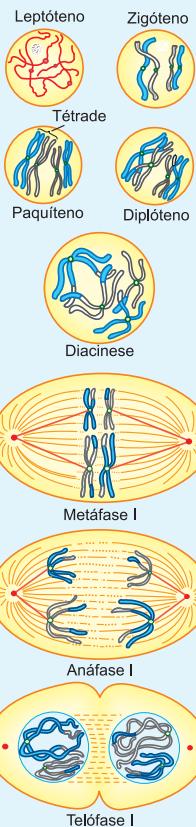


Fig. 5 – A divisão I.

• Prófase I

É uma fase complexa e de longa duração. Para efeitos didáticos, é dividida em cinco estágios: leptóteno, zigóteno, paquíteno, diplóteno e diacinese.

Leptóteno

Os cromossomos aparecem pouco condensados e distribuem-se ao acaso pelo núcleo. Ao longo dos cromossomos, aparecem os cromômeros, grânulos que representam regiões condensadas. Cada cromossomo já está dividido em duas cromátides, mas normalmente isso não é visível.

Zigóteno

Neste estágio, ocorre o fenômeno da sinapse, que consiste no pareamento dos cromossomos homólogos.

A associação de cada par de homólogos é chamada de bivalente.

Paquíteno

Os cromossomos já atingiram um alto grau de condensação e aparecem nitidamente duplicados, isto é, formados por duas cromátides; cada par cromossômico é chamado de tétrade. Durante o paquíteno, pode ocorrer a troca de pedaços entre cro-

mossomos homólogos. A esse fenômeno de trocas dá-se o nome de *crossing-over* ou permutação.

Diplóteno

A duplicação cromossômica é mais nítida e começa com a separação dos homólogos. Essa separação não é completa, notando-se que, em determinados pontos, denominados quiasmas, as cromátides homólogas aparecem cruzadas.

O quiasma é consequência do *crossing-over* e assim o número de quiasmas representa o número de permutações ocorridas no estágio anterior.

Diacinese

A principal característica da diacinese é o processo de terminalização dos quiasmas. Observa-se que os quiasmas, à medida que os homólogos se afastam, vão migrando para as extremidades dos cromossomos. Tal processo diminui o número de quiasmas e o estágio termina com o desaparecimento do nucléolo e a desintegração da carioteca.

• Metáfase I

Os cromossomos situam-se na zona equatorial da célula, os centrômeros ligam-se às fibras do fuso e os homólogos se unem a fibras de polos opostos.

• Anáfase I

É a fase em que ocorre a migração dos cromossomos duplicados para os polos. Em contraste com a anáfase da mitose, os centrômeros não se dividem nesta ocasião.

• Telofase I

Quando os cromossomos atingem os polos, forma-se a carioteca em torno de cada grupo e ocorre a divisão do citoplasma. O número total de cromossomos de cada célula-filha corresponde à metade do número da célula-mãe. Entretanto, como ainda não ocorreu a divisão do centrômero, cada cromossomo é constituído por duas cromátides.

□ Divisão II

A divisão II, também chamada de divisão equacional, é rápida e semelhante a uma mitose. Nela ocorre a divisão dos centrômeros e a consequente separação das cromátides (Fig. 6).

• Prófase II

É muito rápida e corresponde ao período de desintegração das cariotecas e formação de dois novos fusos geralmente perpendiculares ao primeiro.

• Metáfase II

Os cromossomos, ainda constituídos cada um por duas cromátides, alinham-se no centro do fuso.

• Anáfase II

É na anáfase II que os centrômeros se dividem e se separam, cada um levando um cromossomo-filho para um polo.

• Telofase II

Nos polos, os cromossomos começam a descondensação, a carioteca se organiza e o nucléolo reaparece. O processo termina com a formação de quatro células-filhas, cada uma com n cromossomos.

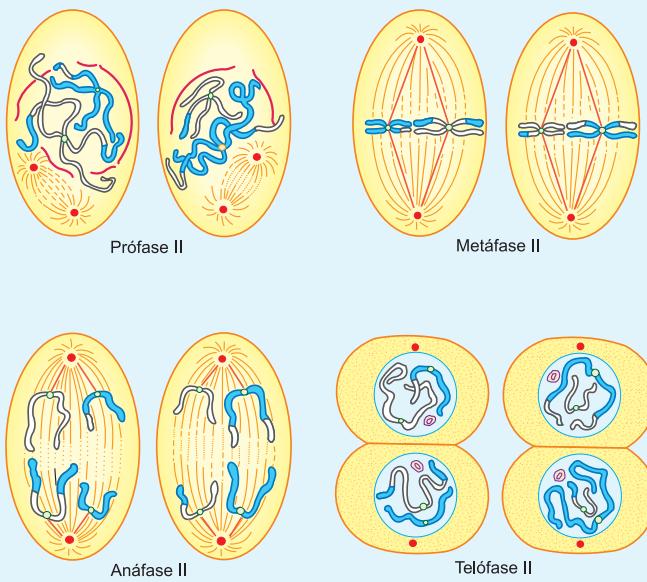


Fig. 6 – A divisão II.

MÓDULO 1

Os Ácidos Nucleicos

1. O QUE É GENÉTICA

A Genética é o ramo da Biologia que estuda dois tópicos principais: hereditariedade e variação.

Hereditariedade é a causa das semelhanças entre ascendentes e descendentes. Essa é a razão pela qual pais e filhos se assemelham uns aos outros. Variação é a causa das diferenças entre os indivíduos. Portanto, a Genética procura explicar as razões que determinam tanto as semelhanças quanto as diferenças entre os indivíduos aparentados.

2. OS OBJETIVOS DA GENÉTICA

A Genética procura uma resposta para as três seguintes questões fundamentais:

- 1 – Qual é a natureza do material genético que os pais transmitem aos filhos?
- 2 – Como é feita essa transmissão dos pais para os filhos?
- 3 – Como age o material genético na expressão dos caracteres hereditários?

3. OS GENES

O conceito central da Genética é o **gene**, termo proposto em 1909 pelo biólogo dinamarquês Wilhlem Johannsen para descrever uma unidade hereditária. Genes são segmentos de DNA responsáveis pela determinação e transmissão das características hereditárias de um organismo.

4. OS ÁCIDOS NUCLEICOS

As maiores e mais importantes moléculas das células são os ácidos nucleicos, pois, além de controlarem todas as atividades celulares, estabelecem o elo químico entre as gerações.

Existem dois tipos de ácidos nucleicos: o ácido desoxirribonucleico (ADN ou DNA) e o ácido ribonucleico (ARN ou RNA), presentes em todos os seres vivos. Os vírus fazem exceção por apresentarem DNA ou RNA, mas nunca os dois.

5. A COMPOSIÇÃO DOS ÁCIDOS NUCLEICOS

Os ácidos nucleicos são polinucleotídeos, isto é, macromoléculas formadas pelo encadeamento de unidades chamadas nucleotídeos (Fig. 1).

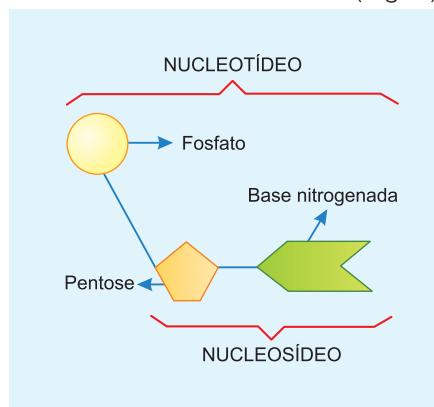


Fig. 1 – Nucleotídeo e nucleosídeo.

Por sua vez, cada nucleotídeo resulta da combinação de três componentes: fosfato, açúcar e base nitrogenada.

A combinação entre uma molécula de base e uma de açúcar recebe o nome de nucleosídeo.

As pentoses são de dois tipos: desoxirribose no DNA e ribose no RNA. A única diferença entre as duas pentoses é que a desoxirribose possui um átomo de oxigênio a menos. As bases dos ácidos nucleicos são as purinas e as pirimidinas. As purinas possuem dois anéis heterocíclicos unidos, enquanto as pirimidinas só apresentam um anel. No DNA e no RNA, as purinas são adenina (A) e guanina (G), e as pirimidinas são citosina (C) e timina (T), no DNA. O RNA contém uracila (U) no lugar de timina (Fig. 2).

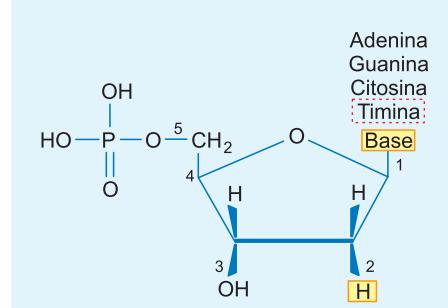
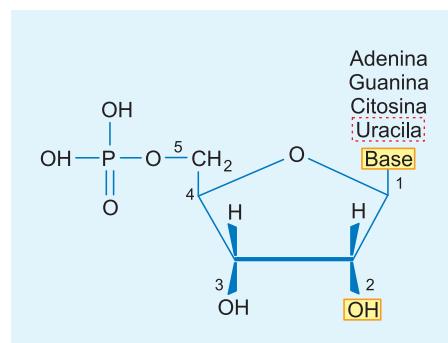


Fig. 2 – Nucleotídeos do RNA e do DNA.

6. A ESTRUTURA DOS ÁCIDOS NUCLEICOS

Nos ácidos nucleicos, os nucleotídeos estão ligados, formando uma cadeia polinucleotídica.

Nesta cadeia a pentose de um nucleotídeo está ligada ao grupo fosfato de outro nucleotídeo e assim sucessivamente (Fig. 3).

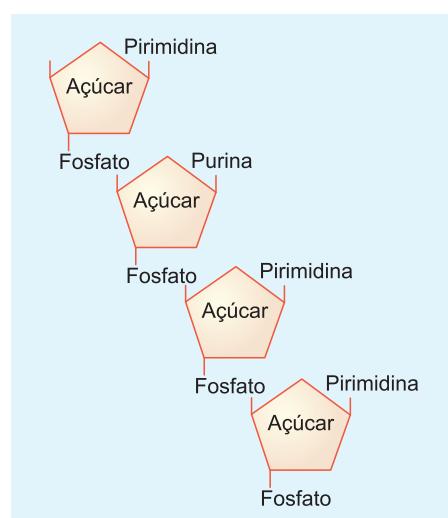


Fig. 3 – A cadeia de nucleotídeos.

O **DNA** é formado por duas cadeias de polinucleotídeos, enroladas helicoidalmente e ligadas transversalmente através de pontes de hidrogênio, existentes entre uma purina e uma pirimidina. A adenina forma duas pontes de hidrogênio com a timina, e a guanina forma três pontes com a citosina.

Os pareamentos A-T e C-G fazem com que, na molécula de DNA, tenhamos A = T e C = G. Graças ao citado pareamento, as cadeias são denominadas **complementares**. Também se observa que, em razão da complementariedade, as cadeias são orientadas em sentidos opostos, ou seja, são **antiparalelas**, fato evidenciado pela posição das pentoses.

De acordo com o modelo proposto por Watson e Crick, o DNA con-

siste em duas cadeias enroladas uma sobre a outra de maneira regular, requerendo cerca de dez nucleotídeos pareados em cada volta completa dessa hélice dupla.

A distância entre as bases é de 3,4 Å e o diâmetro da molécula é de cerca de 20 Å (Fig. 4).

O que diferencia dois DNAs de origens diferentes é o valor característico da relação (A + T) / (C + G), que é constante dentro de uma determinada espécie.

Existem vírus com DNA formado por uma cadeia de nucleotídeos; evidentemente, neste caso, há diferentes quantidades de A e T, bem como de C e G.

O RNA é constituído por uma única cadeia de nucleotídeos, inexistindo as relações de igualdade entre

purinas e pirimidinas (Fig. 5).

7. OS TIPOS DE RNA

Existem três tipos de RNA: o RNAr, o RNAm e o RNAt.

O RNA ribossômico (RNAr), associado a proteínas, forma os ribossomos, organoides celulares responsáveis pela síntese de proteínas.

O RNAr constitui a maior porção do RNA celular.

O RNA mensageiro (RNAm) leva a mensagem genética do DNA para os ribossomos; a mensagem consiste na sequência de aminoácidos da proteína.

O RNA transportador (RNAt) ou RNA solúvel (RNAs) é o de menor cadeia, apresentando de 80 a 100 nucleotídeos. A sua função é o transporte de aminoácidos do hialoplasma para os ribossomos.

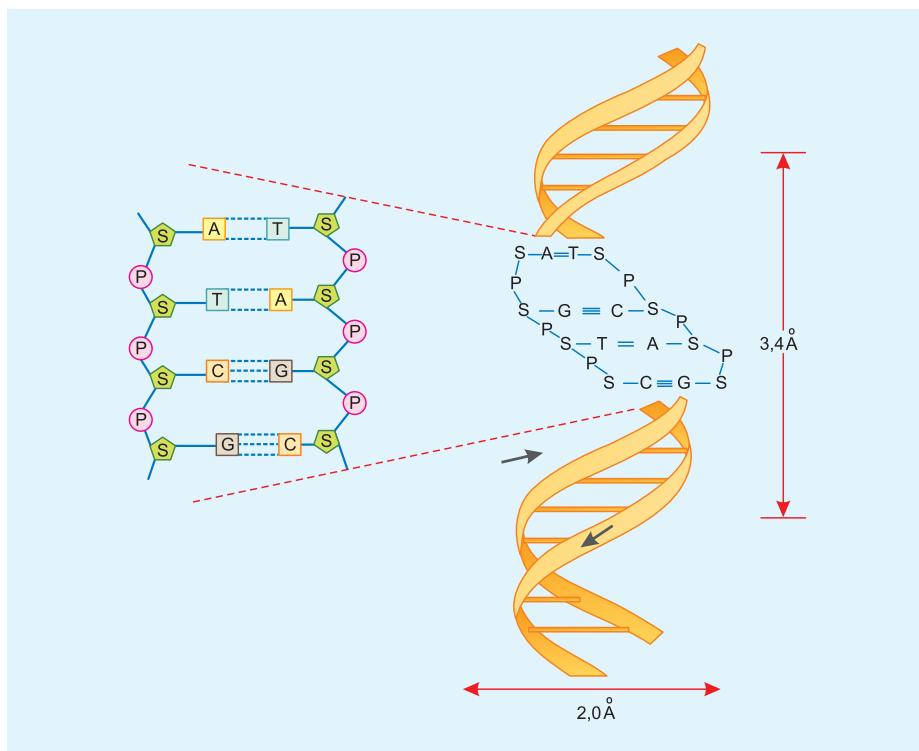


Fig. 4 – A estrutura do DNA.

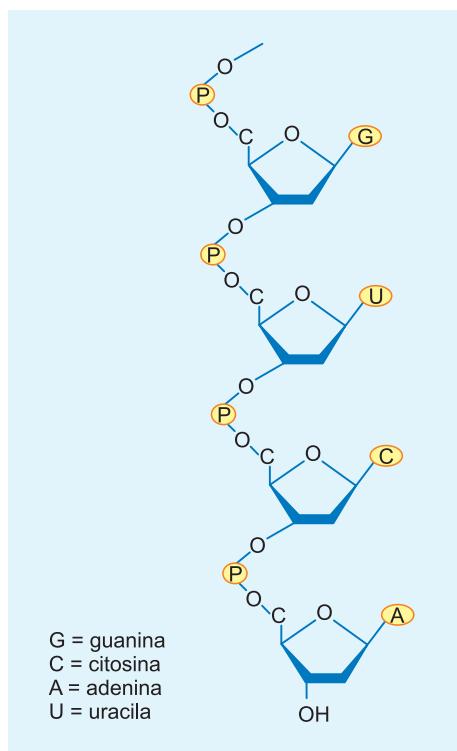


Fig. 5 – O RNA.

MÓDULO 2

DNA: Replicação e Transcrição

1. A REPLICAÇÃO

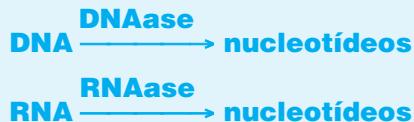
Replicação é o processo de duplicação da molécula do DNA. Sob a ação de uma enzima específica, a **DNA-polimerase**, ocorre a quebra das pontes de hidrogênio e a consequente separação das duas cadeias. Ao mesmo tempo, cada cadeia vai formando a sua cadeia complementar, através do encadeamento de novos nucleotídeos, sempre observando o pareamento de A com T e de G com C. O resultado é a formação de duas novas cadeias que conservam, na sua estrutura, uma metade da molécula-mãe; daí a designação de semiconservativa, dada a tal forma de replicação.

2. A TRANSCRIÇÃO

Transcrição é o processo através do qual o DNA serve de modelo para a síntese de RNA. Apenas uma cadeia de DNA é usada nesse processo, ativado pela enzima **RNA-polimerase**. Numa determinada região, terminal ou intercalar, da molécula do DNA, ocorre a separação das cadeias. Uma delas forma o RNA através do encadeamento de nucleotídeos complementares. Assim, pareiam-se A do DNA com U do RNA, T do DNA com A do RNA, C do DNA com G do RNA e G do DNA com C do RNA.

3. AS NUCLEASES

Nucleases são as enzimas que hidrolisam os ácidos nucleicos. Assim, a **desoxirribonuclease** (DNAase) e a **ribonuclease** (RNAase) são enzimas pancreáticas que hidrolisam, respectivamente, o DNA e o RNA, transformando-os em nucleotídeos.



4. A LOCALIZAÇÃO DOS ÁCIDOS NUCLEICOS

O DNA existe principalmente no núcleo das células, presente na constituição química dos cromossomos. Também aparece nos cloroplastos e nas mitocôndrias.

O RNA é encontrado nos cromossomos, no nucléolo, nos ribossomos, nas mitocôndrias, nos cloroplastos e no hialoplasmá.

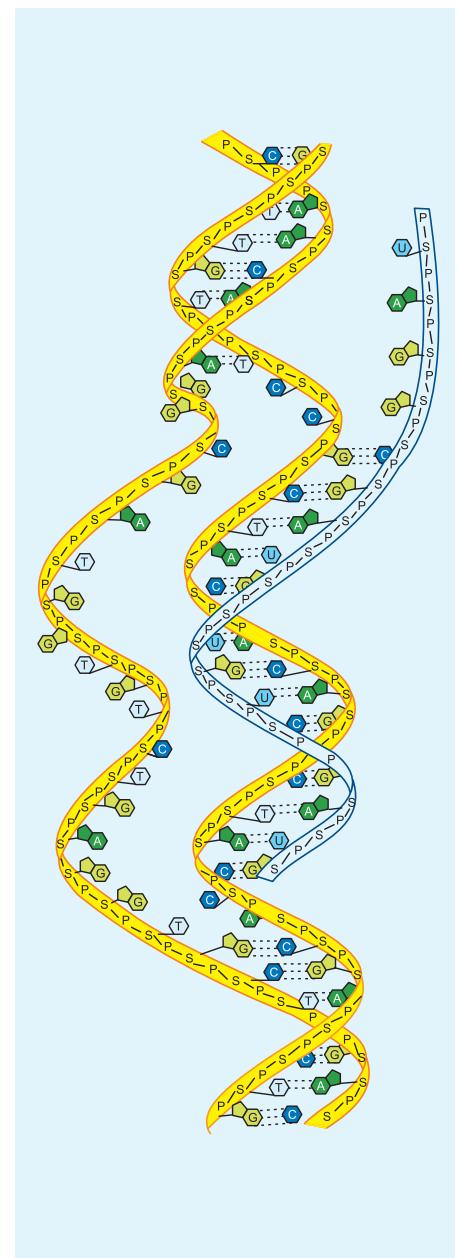
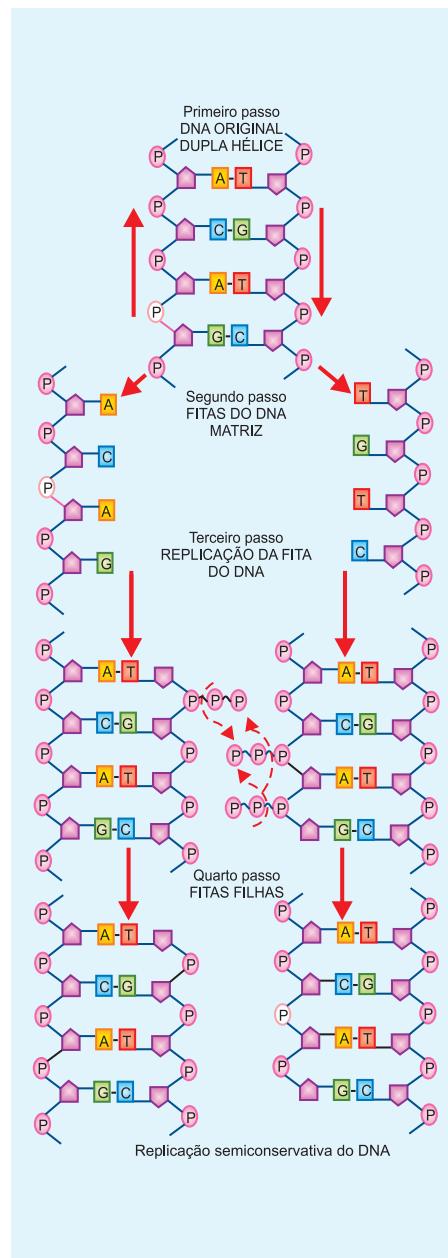


Fig. 1 – Replicação semiconservativa do DNA.

Fig. 2 – A transcrição.

MÓDULO 3

O Código Genético

1. DE QUE MANEIRA O GENE DETERMINA O FENÓTIPO?

Sabemos que na estrutura celular dos seres vivos existem quatro tipos de macromoléculas: açúcares, lipídios, proteínas e ácidos nucleicos. As duas primeiras não são características e específicas dos diversos organismos. Assim, a glicose de um fermento é a mesma existente no homem; o parênquima adiposo de um rato é similar ao de um elefante. O mesmo

não acontece, porém, com as proteínas e com os ácidos nucleicos, substâncias específicas para cada organismo. Os milhares de organismos que existem na natureza são, geralmente, representados por diferenças proteicas. Podemos afirmar que as proteínas determinam o fenótipo. Para tanto, desempenham duas funções gerais, atuando como

- (1) materiais estruturais e
- (2) mediadores e reguladores metabólicos.

Os componentes celulares são estruturados principalmente a partir de proteínas. Sendo mediadores e reguladores metabólicos, agem como enzimas e hormônios.

2. O CONCEITO DE GENE

O gene, ou seja, o DNA, determina o fenótipo do organismo, especificando a síntese de determinadas moléculas de proteínas.

Estruturalmente o gene é equivalente a um **cístron**, ou seja, um segmento de DNA que codifica a sequência de aminoácidos de uma proteína.

3. O CÓDIGO GENÉTICO

Um código é um sistema de símbolos, usado para transmitir uma determinada informação. A linguagem escrita, por exemplo, é um tipo de código inventado pelo homem. Usando 23 símbolos (letras), podemos formar um número ilimitado de palavras, que só tem significado para quem entenda português. É possível comparar o código genético a um alfabeto de quatro letras que são as iniciais das quatro bases nitrogenadas: A (adenina), C (citosina), G (guanina) e T (timina). Com as quatro letras, são formadas palavras de três letras denominadas **códons**. Portanto, cada **códon** é uma sequência de três bases que codificam um aminoácido específico. Os códons do DNA são transcritos para códons do RNAm, como se observa na tabela abaixo.

CÓDONS DNA	CÓDONS RNAm	AMINOÁCIDOS CODIFICADOS
CCA	GGU	Glicina
AGA	UCU	Serina
CGA	GCU	Alanina
AAA	UUU	Fenilalanina

Primeira letra	Segunda letra				Terceira letra
	U	C	A	G	
U	UUU } Phe UUC UUA } Leu UUG	UCU } Ser UCC UCA UCG	UAU } Tyr UAC UAA } Sem sentido UAG	UGU } Cys UGC UGA → Sem sentido UGG → Tryp	U C A G
	CUU } Leu CUC CUA CUG	CCU } Pro CCC CCA CCG	CAU } His CAC CAA } GluN CAG	CGU } Arg CGC CGA CGG	U C A G
	AUU } Leu AUC AUA } Met AUG	ACU } Thr ACC ACA ACG	AAU } AspN AAC AAA } Lys AAG	AGU } Ser AGC AGA AGG	U C A G
	GUU } Val GUC GUA GUG	GCU } Ala GCC GCA GCG	GAU } Asp GAC GAA GAG	GGU } Gly GGC GGA GGG	U C A G

4. AS PROPRIEDADES DO CÓDIGO GENÉTICO

O código genético apresenta duas propriedades: a degeneração e a universalidade.

O código genético é degenerado, ou seja, cada aminoácido é codificado por dois ou mais códons. Arginina, por exemplo, é um aminoácido codificado por seis códons: CGU, CGC, CGA, CGG, AGA e AGG. O código é universal, o que significa que parece ser o mesmo em todos os organismos estudados. Esta é mais uma evidência evolutiva mostrando

que todas as formas de vida têm uma origem comum.

5. O CÓDIGO GENÉTICO COMPLETO

O código existente no DNA é transcrito para o RNA que comumente aparece nas tabelas, como a que apresentamos acima.

Observe que três dos códons existentes não têm sentido, o que significa que não codificam qualquer tipo de aminoácido. É o caso de UAA, UAG e UGA, chamados de códons terminais por indicarem o término de um cístron.

MÓDULO 4

A Síntese de Proteínas

1. CÍSTRON

O gene é definido modernamente como um cístron, isto é, um segmento de DNA que contém a informação genética para a síntese de uma proteína. Para efeito didático, vamos dividir o processo da síntese proteica em três fases: transcrição, ativação de aminoácidos e tradução.

2. A TRANSCRIÇÃO

A mensagem contida no cístron é transcrita para uma molécula de

RNA, o chamado RNA mensageiro (RNAm). Uma cadeia da molécula do DNA controla a síntese de um tipo específico de RNAm. As bases complementares pareiam-se: adenina do DNA com uracila do RNA, timina do DNA com adenina do RNA etc. Assim, a molécula do RNAm formado copia a mensagem do DNA.

No processo intervém a enzima RNA-polimerase.

O RNAm sai do núcleo, vai até o ribossomo e aí se prende, formando um molde para a síntese de proteínas (Fig. 1).

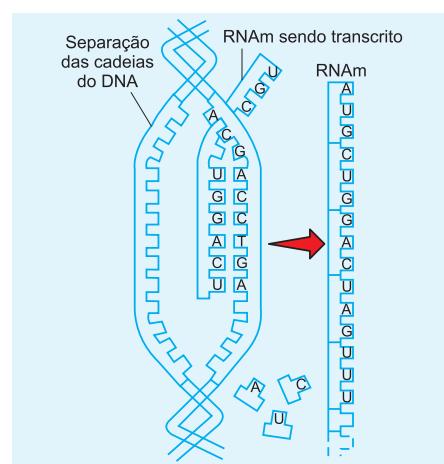


Fig. 1 – A transcrição.

3. ATIVAÇÃO DE AMINOÁCIDOS

É nesta fase que entra em ação o RNA transportador (RNAt), também chamado RNA transferidor ou solúvel (RNAs). Trata-se de uma molécula constituída por uma cadeia de 80 nucleotídeos que se dobra em forma de "folha de trevo".

Numa das extremidades existe um anticódon, isto é, uma sequência de três bases que são complementares a um códon de RNAm. Numa das extremidades existe um anticódon, isto é, uma sequência de três bases que são complementares a um códon de RNAm (Fig. 2).

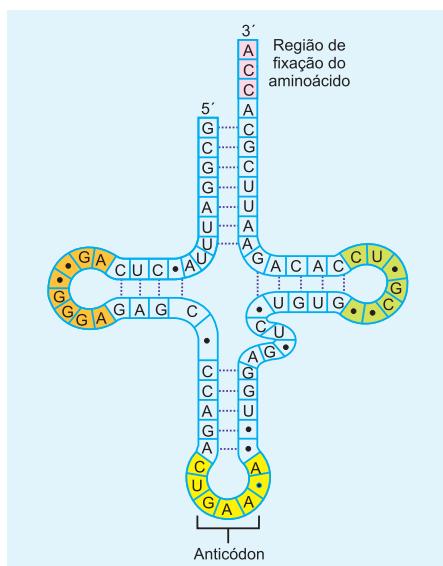


Fig. 2 – O RNAt.

No citoplasma, enzimas específicas ativam as moléculas de aminoácidos que se associam com as do RNAt, formando os complexos AA–RNAt (Fig. 3).

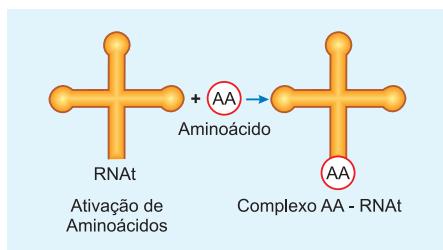


Fig. 3 – Ativação de aminoácidos.

4. A TRADUÇÃO

É o processo de síntese de uma proteína, realizado num ribossomo a partir de um molde de RNAm.

Os ribossomos são partículas de 100 a 150 angstrons de diâmetro, formados por duas subunidades de tamanhos diferentes.

Na subunidade menor, liga-se o RNAm, enquanto na subunidade maior existem dois sítios (1 e 2), nos quais podem se unir duas moléculas de RNAt. Cada ribossomo liga-se a uma extremidade do RNAm e move-se em direção à extremidade oposta. Um RNAt, transportando um aminoácido, encaixa-se no sítio 1; tal encaixe só acontece se o anticódon do RNAt for complementar ao primeiro códon do RNAm. Um segundo RNAt, transportando um outro aminoácido, vem e, se houver correspondência, encaixa-se no sítio 2. Agora acontece o rompimento entre o aminoácido e o RNAt que ocupa o sítio 1. Por ação enzimática, o primeiro aminoácido forma uma ligação peptídica com o segundo aminoácido que ocupa o sítio 2. Desse modo, teremos no sítio 2 um RNAt ligado a dois aminoácidos, ou seja, um dipeptídeo. A seguir, o ribossomo desloca-se sobre o segundo e o terceiro códons do RNAm.

O primeiro RNAt que se ligou ao RNAm destaca-se e volta para o citoplasma. Com o deslocamento do ribossomo, o RNAt com o dipeptídeo passa a ocupar o sítio 1, ficando livre o sítio 2. Um outro RNAt, transportando um terceiro aminoácido com um anticódon complementar ao terceiro códon do RNAm, encaixa-se no sítio 2.

Novamente é formada uma ligação peptídica entre o terceiro aminoácido e o dipeptídeo, destacando-se o segundo RNAt. O processo vai se repetindo e o ribossomo vai percorrendo o RNAm, traduzindo os sucessivos códons e formando um polipeptídeo. Após a tradução do último códon, o ribossomo destaca-se do RNAm, enquanto o último RNAt se destaca do peptídeo.

A figura 4 a seguir mostra um ribossomo traduzindo um RNAm.

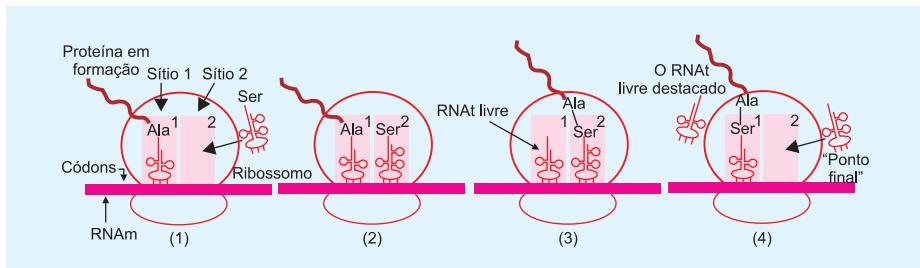


Fig. 4 – A síntese de proteínas.

O próximo esquema é a correspondência entre códons do DNA e RNAm, bem como dos anticódons do RNAt.

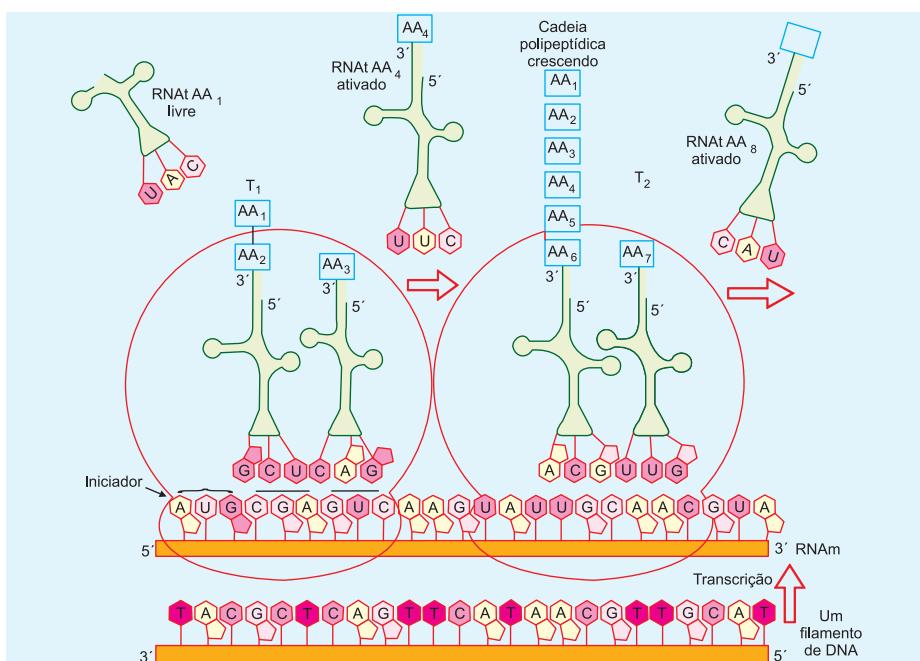


Fig. 5 – Códons e anticódons.

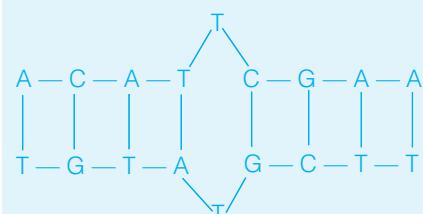
1. CONCEITO

A mutação é uma propriedade dos genes tão fundamental quanto a autorreprodução.

A citologia já explicou como os genes podem se autoduplicar produzindo cópias exatas de si mesmos. O mecanismo autorreprodutivo é muito eficiente e os genes podem ser duplicados milhões de vezes sem qualquer erro na cópia. Porém, algumas vezes, ocorre o erro na duplicação, produzindo moléculas de DNA que deixam de ser cópias exatas do original e passam a ser designadas por mutações.

2. CLASSIFICAÇÃO

As mutações gênicas podem ser classificadas em substituição, deficiência e inserção.



Substituição

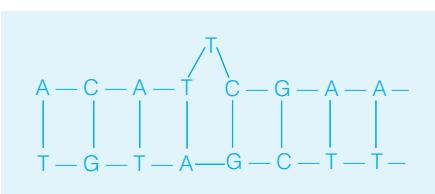
Consiste na substituição de um nucleotídeo por outro.

No esquema acima, vemos que as cadeias estão bem pareadas, com exceção da região em que T, entre T e C, no fio modelo, afastou-se e, no fio cópia, na altura correspondente, entre A e G, entrou um T ou C em vez de A, que seria o certo.

As mutações de substituição são classificadas em dois tipos: as **transições**, que são trocas de uma purina por outra, ou uma pirimidina por outra, e as **transversões**, que são trocas de uma purina por uma pirimidina ou vice-versa.

Deficiência

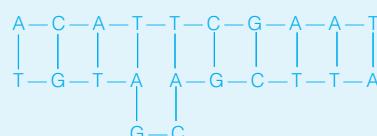
Resulta na perda de bases.



No caso acima, a alça do T, entre T e C, formada no fio modelo, teve como consequência a ligação direta entre A e G no fio cópia, dando origem a uma deficiência.

Inserção

É a colocação de um novo par de bases, seja A — T ou G — C, entre dois outros pares preexistentes.



No caso acima, entre A e A, no fio copiado, prendem-se G — C.

Mutação reversa

O gene mutado pode novamente mutar, produzindo as cópias normais; teremos, então, a mutação reversa.

$$A \rightarrow a \rightarrow A$$

Mutação dominante e recessiva

Existem mutações dominantes, no entanto, quase todas são deletérias e recessivas.

Nas populações naturais, ao longo das gerações, são selecionados aqueles genes que melhor impedem a manifestação de genes nocivos. Quanto mais dominante for um gene, mais eficiente ele será em cobrir os efeitos deletérios de suas mutações aleias.

Mutações somáticas e germinativas

As mutações podem ocorrer tanto nas células somáticas quanto nas germinativas. As que ocorrem nas

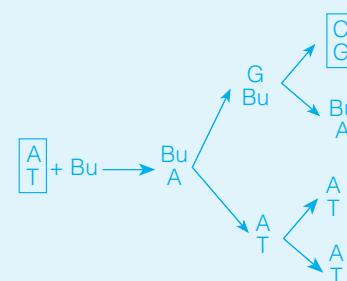
células somáticas podem produzir alterações que não são transmitidas à sua descendência. Somente as mutações que atingem as células germinativas podem ser transmitidas aos descendentes e são importantes para a variabilidade genética e a evolução dos organismos.

Fatores mutagênicos

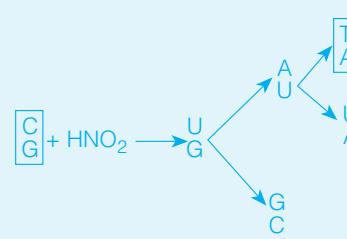
As mutações são espontâneas, ocorrem naturalmente e suas causas são desconhecidas. Contudo, os geneticistas desenvolvem e conhecem vários fatores mutagênicos capazes de acelerar as mutações.

Entre os principais fatores mutagênicos, citaremos:

1. **Bromouracil** (Bu) – trata-se de uma substância que substitui a timina na replicação do DNA. Contudo, o bromouracilpareia com a guanina, produzindo uma transição com a substituição de AT por GC.



2. **Ácido nitroso** (HNO_2) – transforma citosina em uracil, mudando CG para TA.



3. O QUE É MUTON?

O muton é a menor porção do DNA que, alterada, acarreta uma mutação gênica. É representado por uma base nitrogenada.

1. O MENDELISMO

Foi o monge agostiniano Gregor Mendel que, em 1865, estabeleceu os princípios básicos da herança, publicando as chamadas leis de Mendel.

A grande contribuição de Mendel foi a herança particulada, sugerindo a existência de partículas ou unidades hereditárias, atualmente chamadas de genes.

2. ANÁLISE DE UM CRUZAMENTO

A drosófila, mosca dos frutos, tem sido usada para pesquisas genéticas, desde o início do século passado. Nos cruzamentos a seguir, analisaremos a transmissão genética do tipo de asa.

O chamado tipo selvagem possui asas normais estendidas sobre o abdômen (Fig. 1).

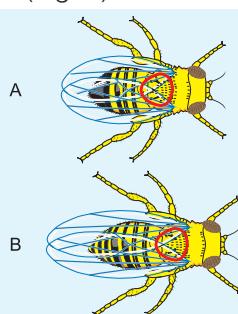


Fig. 1 – Drosófila macho (A) e fêmea (B).

Uma das linhagens mutantes de drosófila, a vestigial, tem as asas atrofiadas (vestigiais) reduzidas a pequenas espátulas (Fig. 2).

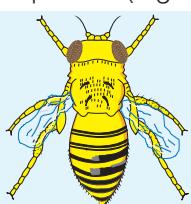


Fig. 2 – Drosófila com asas vestigiais.

Nos cruzamentos, usaremos os seguintes símbolos:

- P** = geração parental
- F₁** = primeira geração
- F₂** = segunda geração

Quando moscas selvagens e mutantes cruzam, independentemente de quem é o macho ou a fêmea, todos os descendentes da F₁ são do tipo selvagem.

O cruzamento das moscas da F₁ entre si produz uma F₂, em que machos e fêmeas aparecem na proporção de 3 normais: 1 vestigial ou 75% normais: 25% vestigiais (Fig. 3).

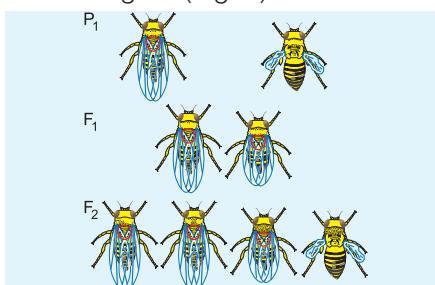


Fig. 3 – Cruzamento de drosófilas.

3. A INTERPRETAÇÃO MENDELIANA DO CRUZAMENTO

□ Dominância e recessividade

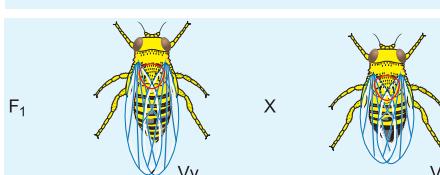
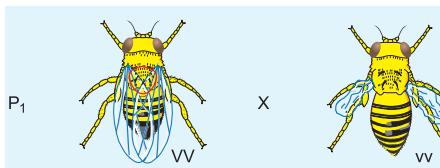
O caráter que aparece na primeira geração (F₁) é chamado dominante, enquanto o contrastante é designado recessivo. Assim, no cruzamento em questão, normal é dominante, e vestigial, recessivo.

□ Alelos

Cada caráter é condicionado por dois genes alternativos, um dominante e outro recessivo, designados alelos. No caso da drosófila, são alelos V e v, que determinam, respectivamente, asas longas e asas vestigiais.

4. A REPRESENTAÇÃO DO CRUZAMENTO

Na mosca drosófila de asas normais, com genes VV, todos os gametas serão iguais porque conterão um gene V. Isso também acontece com a mosca vv, que produz gametas v. A união dos gametas produzirá, em F₁, organismos Vv, que, graças à



dominância, terão asas normais.

As moscas de asas longas de F₂, portadoras de genes Vv, produzirão dois tipos de gametas: V e v. A união dos gametas dois a dois formará 4 tipos de combinações em F₂, a proporção de 3 com asas normais para 1 de asas vestigiais.

5. A NOMENCLATURA GENÉTICA

□ Alelos

Cada caráter é condicionado por dois genes alternativos, um dominante e outro recessivo, designados alelos. No caso da drosófila, são alelos V e v.

□ Genótipo

A constituição hereditária de um indivíduo forma o genótipo, representado pelos símbolos de todos os seus genes ou apenas os que estão sendo considerados.

□ Homozigoto

É o indivíduo cujo caráter considerado é determinado por dois genes iguais. Tal indivíduo produz, em relação ao caráter considerado, um só tipo de gameta. É o caso das moscas VV e vv, que produzem, respectivamente, gametas V e v.

□ Heterozigoto

É o indivíduo cujo caráter é determinado por dois genes diferentes. Em relação ao caráter analisado, tal organismo produz dois tipos de gametas. É o caso da mosca Vv, que origina gametas V e v.

□ Fenótipo

É qualquer aspecto morfológico ou fisiológico de um organismo resultante da interação do genótipo com o meio ambiente. Assim, são fenótipos as asas normais e vestigiais.

		Espermatozoides	
		V	v
Óvulos	V	VV	Vv
	V	Vv	Vv
	v	Vv	Vv

		Espermatozoides	
		V	v
Óvulos	V	VV	Vv
	V	Vv	Vv
	v	Vv	Vv

1. HERANÇA INTERMEDIÁRIA OU CODOMINÂNCIA

Alelos intermediários ou codominantes não apresentam relações de dominância ou recessividade. O genótipo heterozigoto origina um fenótipo distinto dos homozigotos e geralmente intermediário em relação aos fenótipos produzidos pelos homozigotos. Exemplo: cor da flor das maravilhas, caracterizada na tabela a seguir.

Alelos	Fenótipos	Genótipos	Gametas
M_V e M_B	Branca	$M^B M^B$	M^B
	Vermelha	$M^V M^V$	M^V
	Rósea	$M^V M^B$	M^V e M^B

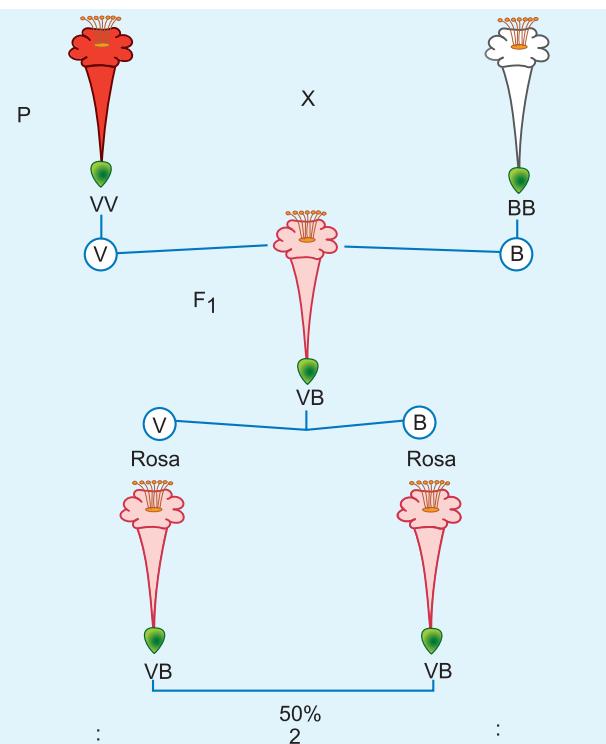
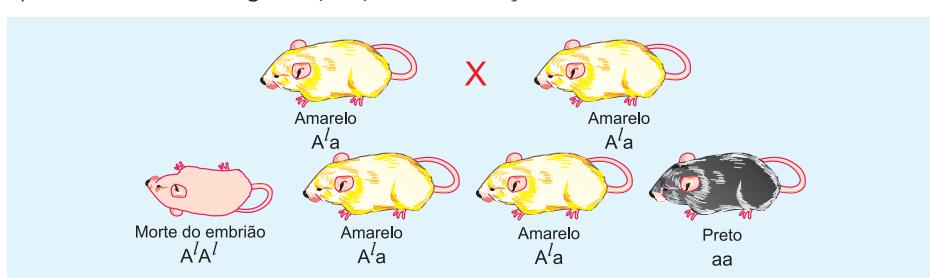
A relação fenotípica em F_2 é 1 : 2 : 1.

2. GENES LETAIS

Existem genes que provocam a morte do indivíduo na fase pré-natal ou pós-natal anterior ao período de maturidade. Exemplo: nos ratos, o gene A^l é letal em homozigose ($A^l A^l$), provocando a morte do embrião, enquanto em heterozigose ($A^l a$) condic-

iona pelagem amarela. O alelo a condiciona preto. O gene A^l é dominante em relação ao gene a , mas em relação à letalidade é recessivo, pois só age em homozigose.

No cruzamento de dois heterozigotos ($A^l a \times A^l a$), a proporção da geração é de 2 : 1.



1. RELAÇÃO ENTRE GENÓTIPO E FENÓTIPO

Atualmente, os geneticistas definem fenótipo como o resultado da interação do genótipo com o meio ambiente. Realmente, sabemos que todas as características de um indivíduo têm origem genética; contudo, não podemos esquecer a influência do meio ambiente. Sabemos que o genótipo determina um certo fenótipo

na dependência de certas condições ambientais e disso concluímos:

$$\text{GENÓTIPO} + \text{MEIO} = \text{FENÓTIPO}$$

2. EXEMPLOS

☐ Coelhos himalaias

Um exemplo interessante do exposto é o que ocorre com a pelagem do coelho da variedade himalaia. Tal coelho é branco, com as extremida-

des (patas, orelhas, rabo e focinho) pretas. Se rasparamos o pelo branco e mantivermos o animal a uma temperatura inferior a 15°C, verificaremos que na região raspada nascerá pelo preto. Contudo, se o pelo for raspado e o animal mantido em temperatura superior a 15°C, o pelo crescerá novamente branco. Ora, o genótipo para a pelagem é sempre o mesmo, e as variações fenotípicas dependem exclusi-

vamente das condições de temperatura ambiental.

No coelho, as extremidades são sempre as regiões mais frias do corpo, o que justifica a presença de pelos pretos.

❑ Hortênsias

As hortênsias produzem flores azuis, se plantadas em solo ácido, ou rosaes em solo alcalino, determinadas por interação dos produtos gênicos com o meio ambiente.

❑ Melanina

No homem, a quantidade de melanina existente na pele varia em função da exposição ou não à luz do sol.

3. FENOCÓPIA

Trata-se da cópia de uma condição hereditária produzida por influência do meio ambiente.

Na *Drosophila*, o corpo amarelo é determinado por um gene recessivo **a**, cujo alelo dominante, **A**, condiciona corpo cinzento. Larvas com genótipo para cinzento (AA ou Aa) que recebem nitrato de prata, na alimentação, evoluem para adultos amarelos.

O corpo amarelo, determinado pelo tipo de alimento, é uma fenocópia do amarelo produzido por ação do gene **a**.

Galinhas com asas e pernas curtas são chamadas rastejantes, sendo essa característica atribuída a um gene dominante. A injeção de ácido bórico em ovos galados, no período apropriado do desenvolvimento, produzirá aves com membros curtos que representam fenocópias da característica rastejante.

A fenocópia evidentemente não afeta o gene, ou seja, não altera o genótipo e, consequentemente, não é transmitida à geração.

4. ANÁLISE DE GENEALOGIAS

A carta genealógica é a representação de indivíduos relacionados por ascendência comum. Na representação gráfica, observam-se vários símbolos que indicam características de importância genética, de modo que o exame de um *Pedigree* permite reconhecer o tipo de parentesco existente entre seus membros e relacionar esse parentesco com a presença ou ausência de determinadas doenças ou anomalias de origem hereditária.

Na elaboração da carta genealógica, usam-se frequentemente as seguintes convenções:

Indivíduo do sexo masculino.....		ou	
Indivíduo do sexo feminino.....		ou	
Indivíduo de sexo desconhecido ou não especificado.....		ou	
Intersexo.....		ou	
Indivíduos afetados ou que possuem traço estudado.....		ou	
Aborto ou natimorto.....		ou	
Falecido.....		ou	
Gêmeos monozigóticos (MZ).....		ou	
Gêmeos dizigóticos (DZ).....		ou	
Gêmeos sem diagnóstico de zigosidade.....		ou	
Mulher heterozigota para gene recessivo ligado ao X.....			
Heterozigotos para gene autossômico recessivo.....		ou	
Probando, propósito ou caso-índice.....		ou	
Número de indivíduos do sexo indicado.....		ou	
Casal.....			
Casal consanguíneo.....			
Numeração das gerações (vertical).....		I, II, III etc.	
Numeração dos indivíduos na geração (horizontal).....		1, 2, 3, 4 etc.	
Casal sem filhos.....			
Idade ao falecer.....			
Idade à época do exame.....			
Família.....	casal (o homem à esquerda)		
	irmãndade		
Irmandade cuja ordem de nascimento não é conhecida.....			

1. CONCEITO

A maioria dos problemas de genética exige soluções em termos probabilísticos. Por isso, no presente capítulo, ensinamos os princípios básicos das probabilidades envolvendo experimentos genéticos.

Assim, existe uma analogia entre a transmissão de um gene de um pai para o filho e o lançamento de uma moeda. Nos dois casos, existem duas possibilidades: a moeda pode cair cara ou coroa e o pai heterozigoto (Aa) pode transmitir o alelo **A** ou o alelo **a**. Em ambos os casos, o produto final é determinado por chance.

A probabilidade de que um acontecimento **A** ocorra é igual ao quociente do número de casos favoráveis à ocorrência de **A** dividido pelo número total de casos possíveis.

Simbolicamente, se **P** (a) indica a probabilidade de que **A** ocorra quando o experimento é realizado e, se **n** e **m** indicam, respectivamente, o número total de casos favoráveis e possíveis, teremos:

$$P(A) = \frac{n}{m}$$

2. EXEMPLOS

- Um baralho completo apresenta 52 cartas, das quais quatro são ases. Então, a probabilidade de se retirar um ás de qualquer naipe é de $4/52$ ou $1/13$.
- De um cruzamento $Aa \times Aa$, os quatro resultados AA , Aa , aA e aa são igualmente prováveis. A probabilidade de nascer um indivíduo aa é de $1/4$.

3. PROBABILIDADE E EVENTOS ANTERIORES

A probabilidade de um evento acontecer independe de sua ocorrência em tentativas anteriores. Assim, embora um casal tenha cinco filhos do sexo feminino, a probabilidade de o sexto filho ser também do sexo feminino é $1/2$ ou 50%.

4. REGRA DA ADIÇÃO

A probabilidade de ocorrência de dois ou mais acontecimentos mutuamente exclusivos é determinada pela soma das probabilidades dos acontecimentos isolados.

$$P(A \text{ ou } B) = P(A) + P(B)$$

5. EXEMPLOS

- Qual é a probabilidade de se obter 3 ou 4 no lançamento de um dado?
 $P(3 \text{ ou } 4) = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{1}{3}$
- Qual é a probabilidade de se retirar de um baralho completo um rei ou uma dama?
 $P(\text{rei ou dama}) = \frac{4}{52} + \frac{4}{52} = \frac{2}{13}$
- Qual é a probabilidade de nascer um homozigoto do cruzamento $Aa \times Aa$?
 $P(AA) = 1/4$, $P(aa) = 1/4$
 $P(AA \text{ ou } aa) = 1/4 + 1/4 = 1/2$

6. REGRA DA MULTIPLICAÇÃO

A probabilidade de ocorrência de dois ou mais acontecimentos independentes (não exclusivos) é igual ao produto das probabilidades dos acontecimentos isolados.

$$P(A \text{ e } B) = P(A) \times P(B)$$

7. EXEMPLOS

- Jogando-se um dado e uma moeda, qual é a probabilidade de o dado dar 5 e a moeda cara?
 $P(5 \text{ no dado}) = 1/6$
 $P(\text{cara na moeda}) = 1/2$
 $P(5 \text{ e cara}) = 1/6 \times 1/2 = 1/12$
- Qual é a probabilidade de nascer uma menina recessiva do cruzamento de dois heterozigotos?
 $Aa \times Aa = \underbrace{AA, Aa, Aa}_{\text{Dominante}} \text{ e } \underbrace{aa}_{\text{Recessiva}}$
 $P(aa) = 1/4$
 $P(\text{menina}) = 1/2$
 $P(\text{menina e aa}) = 1/2 \times 1/4 = 1/8$

- Qual é a probabilidade de, em uma família com 5 filhos, todos serem meninos?

$$P(5 \text{ meninos}) = 1/2 \cdot 1/2 \cdot 1/2 \cdot 1/2 \cdot 1/2 = 1/32$$

- Daremos agora um exemplo que usa as regras da adição e da multiplicação.

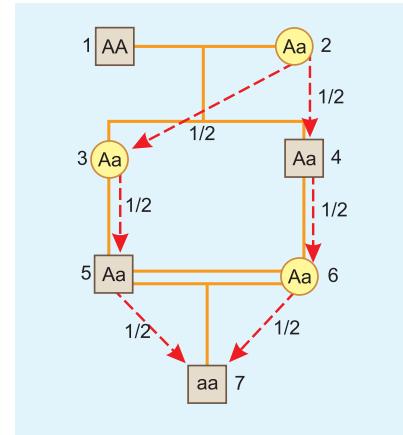
Qual é a probabilidade de, em uma família com 5 filhos, serem todos do mesmo sexo?

$$P(5 \text{ meninos}) = 1/32$$

$$P(5 \text{ meninas}) = 1/32$$

$$P(5 \text{ meninas ou 5 meninos}) = 1/32 + 1/32 = 1/16$$

- Qual é a probabilidade de nascimento de um filho (7) recessivo (aa) num casamento consanguíneo?



Nesta situação, a probabilidade de 7 ser aa é de $1/2 \times 1/2 \times 1/2 \times 1/2 \times 1/2 = 1/64$.

- O pelo preto das cobaias é uma característica dominante (**B**), branco é recessivo (**b**). Cobaias heterozigotas são cruzadas entre si. Quais são as probabilidades de os 3 primeiros descendentes serem alternativamente preto-branco-preto ou branco-preto-branco?

$$Bb \times Bb = 3/4 \text{ preto (BB + Bb)} \text{ e } 1/4 \text{ branco (bb).}$$

$$P(\text{preto e branco e preto}) = 3/4 \cdot 1/4 \cdot 3/4 = 9/64.$$

$$P(\text{branco e preto e branco}) = 1/4 \cdot 3/4 \cdot 1/4 = 3/64.$$

$$P(\text{preto e branco e preto ou branco e preto e branco}) = 9/64 + 3/64 = 3/16.$$

1. ENUNCIADO

Lei da segregação ou distribuição independente, também conhecida como a Segunda Lei de Mendel, é usada na transmissão de dois ou mais caracteres e pode ser assim enunciada: “Os genes que determinam caracteres diferentes distribuem-se independentemente nos gametas, onde se recombinam ao acaso.”

Exemplo:

Consideremos, em drosófila, os seguintes genes:

P – corpo cinzento

p – corpo preto

V – asa normal

v – asa vestigial

2. DI-HIBRIDISMO

Vamos demonstrar a segregação independente em drosófila por meio do cruzamento de di-híbridos para cor do corpo e tipo de asa.

Consideremos os seguintes alelos:

P – corpo cinzento

p – corpo preto

V – asa normal

v – asa vestigial

O cruzamento de um macho homozigoto de corpo cinzento e asa normal com uma fêmea de corpo preto e asa vestigial produz uma F_1 com fenótipo corpo cinzento e asa normal. O cruzamento de um macho e uma fêmea, pertencentes à F_1 , produzirá uma F_2 com a seguinte proporção: 9/16 cinzento normal: 3/16 cinzento vestigial: 3/16 preto normal: 1/16 preto vestigial.

Os resultados obtidos na F_2 estão resumidos na tabela abaixo:

Fenó-tipo	Genó-tipo	Frequência genotípica	Frequência fenotípica
Cinzento normal	PPVV	1	9
	PPVv	2	
	PpVV	2	
	PpVv	4	
Cinzento vestigial	PPvv	1	3
	Ppvv	2	
Preto normal	ppVV	1	3
	ppVv	2	
Preto vestigial	ppvv	1	1

De acordo com a segregação independente, teremos:

FENÓTIPOS	GENÓTIPOS	TIPOS DE GAMETAS
Corpo cinzento e asa normal	PPVV	100% PV
	PpVV	50% PV e 50% pV
	PPVv	50% PV e 50% Pv
	PpVv	25% PV, 25% Pv, 25% pV e 25% pv
Corpo cinzento e asa vestigial	PPvv	100% Pv
	Ppvv	50% Pv e 50% pv
Corpo preto e asa normal	ppVV	100% pV
	ppVv	50% pV e 50% pv
Corpo preto e asa vestigial	ppvv	100% pv

MÓDULO 1

Os Grupos Animais

1. GENERALIDADES

O ramo da Biologia que estuda os animais é a **Zoologia**.

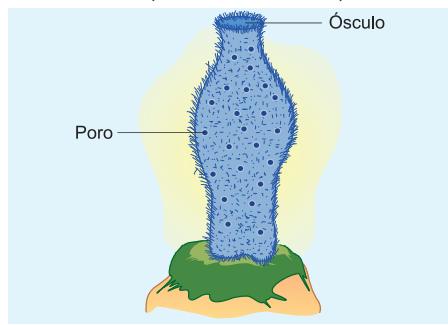
Os animais são seres vivos pluricelulares.

Alguns não possuem órgãos verdadeiros e são denominados **Parazoários**, ex.: Poríferos. Os demais possuem e são denominados **Metazoários**.

2. PORÍFEROS

Os seres vivos do reino animal que não possuem tecido verdadeiro pertencem ao filo dos Poríferos ou Espongiários.

Os Poríferos vivem na água doce ou salgada. São sedentários (fixos) e bentônicos (vivem no fundo).

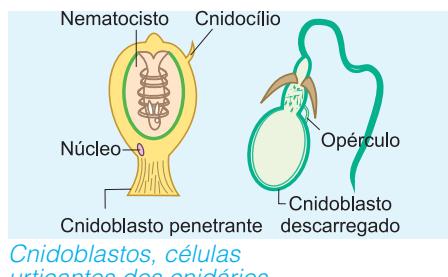


Aspecto geral de uma esponja.

3. CELENTERADOS OU CNIDÁRIOS

Os animais celenterados (exs.: anêmona, água-viva, hidra e coral) são os primeiros a possuir um tubo digestório (cavidade intestinal) na evolução.

São urticantes (cnidários), podendo ocasionar reações alérgicas aos banhistas. Apresentam cnidoblastos, células urticantes.



278 — OBJETIVO

4. PLATIELMINTOS

Os animais Platielmintos são vermes que possuem o corpo achatado dorsoventralmente. Alguns são patogênicos, ou seja, causadores de doenças (exs.: esquistossomo e tênia). A planária é um platielminto que não causa doença ao homem.



Desenho esquemático da planária.

Alguns vivem no meio terrestre, ex.: minhoca.

Há representantes na água doce, ex.: sanguessuga.

Outros habitam na água salgada, ex.: palolo.



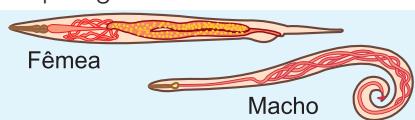
5. ASQUELMINTOS OU NEMATELMINTOS

Os animais Asquelmintos são vermes que possuem o corpo cilíndrico, filamentoso e não segmentado. Alguns apresentam vida livre, na água e no solo. Outros são parasitas de animais e de vegetais.

A lombriga, o ancilóstomo, o necátor, o bicho-geográfico e o oxiúro são patogênicos.

Os animais Asquelmintos são vermes que possuem o corpo cilíndrico, filamentoso e não-segmentado. Alguns apresentam vida livre, na água e no solo. Outros são parasitas de animais e de vegetais.

A lombriga, o ancilóstomo, o necátor, o bicho-geográfico e o oxiúro são patogênicos.



Enterobius vermicularis, vermes causadores da oxiúrose.

6. ANELÍDEOS

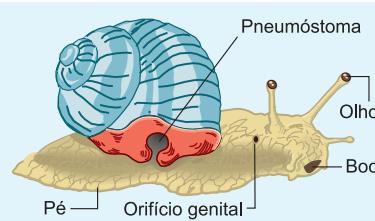
Os animais Anelídeos são vermiformes e apresentam o corpo segmentado (metamerizado).

7. MOLUSCOS

Os animais moluscos são de corpo mole, viscoso e não segmentado. Vários deles são utilizados pelo homem como alimento, exs.: lula, polvo, marisco, escargô, ostra e berbigão.

O caracol é de habitat terrestre, e o caramujo aquático.

A pélola é secretada pelo manto, dobra da pele, da ostra.



Helix – morfologia externa.

8. ARTRÓPODES

O grupo de maior biodiversidade do globo terrestre é o dos artrópodes. Apresentam várias classes, como a dos insetos (exs.: gafanhoto, abelha), a dos crustáceos (exs.: camarão, caranguejo), a dos aracnídeos (exs.: aranha, escorpião), a dos quilópodos (ex.: centopeia) e a dos diplópodos (ex.: piolho-de-cobra).

São segmentados e possuem patas articuladas.



Artrópode da classe dos diplópodos, denominado piolho-de-cobra. Apresenta o corpo cilíndrico, formado por um grande número de segmentos. Muitos possuem uma coloração brilhante. Na cabeça há numerosos olhos simples e um par de antenas curtas (díceros). Há quatro patas articuladas, por segmento do corpo.

9. EQUINODERMAS

O filo dos Equinodermas apresenta somente animais de habitat marinho, exs.: estrela-do-mar, ouricôdo-mar, pepino-do-mar, lírio-do-mar e serpente-do-mar. São animais que possuem espinhos na pele.

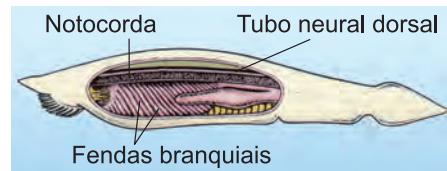


Ouricôs-do-mar, animais do filo dos equinodermas.

10. CORDADOS

O filo dos Cordados é o mais evoluído do reino animal. O homem é um cordado.

Há os protocordados, ou seja, cordados primitivos, ex.: anfioxo, e os mais evoluídos (vertebrados), que incluem as lampreias (ciclostomados), os peixes, os anfíbios, os répteis, as aves e os mamíferos.



O anfioxo, animal protocordado.

MÓDULO 2

O Tegumento dos Animais

1. O REVESTIMENTO DOS ANIMAIS

O corpo dos animais é protegido por uma cobertura denominada tegumento, que serve para proteger o organismo contra a desidratação, a hidratação excessiva e os choques mecânicos, e para evitar a penetração de organismos patogênicos, ou seja, causadores de doenças.

Nos protozoários, a proteção é realizada pela própria plasmalema, que apresenta uma cutícula protetora (glicocálix). Nos invertebrados (ex.: minhoca) e protocordados (ex.: anfioxo), a epiderme é uniestratificada, pois possui uma única camada de células. Nos vertebrados, a epiderme tem várias camadas de células, ou seja, é pluriestratificada.

O tegumento pode apresentar pelos (nos mamíferos), penas (nas aves), escamas (nos peixes e répteis) etc.

Apenas alguns mamíferos terrestres possuem glândulas sudoríparas e sebáceas.

Tegumento nos vertebrados

A pele dos vertebrados é constituída de epiderme (externa) e derme (interna). As aves e os mamíferos têm uma terceira camada, abaixo da pele, denominada hipoderme (tela subcutânea).

A epiderme origina-se do ectoderma do embrião e é constituída por um tecido epitelial pluriestratificado pavimentoso (achatado). A camada celular mais profunda desse epitélio é denominada germinativa, cujas células passam por contínuas divisões mitóticas, produzindo novas células para a substituição das superficiais, que constantemente morrem e desprendem-se.

Nos peixes e anfíbios aquáticos, a epiderme possui glândulas mucosas; nos vertebrados, especialmente terrestres (répteis, aves e mamíferos), é cornificada.

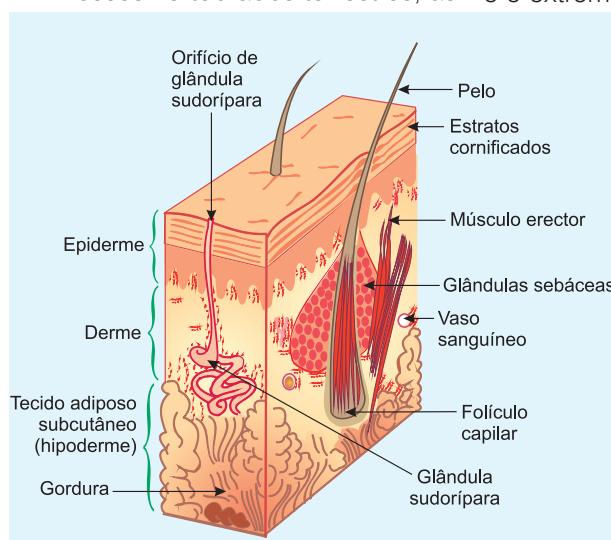
Nesses vertebrados terrestres, as

células mais superficiais são mortas, graças à total impregnação da proteína queratina, substância impermeável que, formando a camada córnea, confere proteção ao animal, principalmente contra a desidratação.

A derme situa-se logo abaixo da epiderme, sendo bem mais espessa que esta. Embriologicamente, tem origem mesodérmica e é constituída por tecido conjuntivo, contendo vasos linfáticos, vasos sanguíneos, nervos e porções basais de glândulas.

A hipoderme é uma camada localizada imediatamente abaixo da derme, constitui-se de tecido conjuntivo e é extremamente rica em tecido adiposo (gordura); aparece somente nas aves e nos mamíferos. Além de ser uma reserva nutritiva (gordura), desempenha importante papel auxiliar na regulação da temperatura corpórea, em razão de a gordura funcionar como uma camada isolante, reduzindo, assim, a perda de calor para o meio (nos animais homeotermos ou endotermos).

A hipoderme origina-se a partir do mesoderma do embrião.



Pele humana e tecido subcutâneo.

1. SISTEMA ESQUELÉTICO

A finalidade primária do esqueleto é fornecer suporte para as partes do corpo do animal ou para o animal como um todo, pois sob a ação da gravidade o corpo do animal entraria em colapso (se não tivesse elementos esqueléticos).

Além de sustentar o animal, o esqueleto tem outras funções: proteção mecânica (para parte do corpo ou para todo o animal); suporte para a musculatura, garantindo, assim, os movimentos e a locomoção do animal; proteção contra dessecção (perda de água), como é o caso especial dos artrópodes, com a sua cutícula esquelética.

O esqueleto dos animais pode ser classificado em dois tipos, conforme sua localização: exoesqueleto, que se forma e se situa na parte mais externa do corpo do animal, e endoesqueleto, que se forma e se situa na parte interior do corpo do animal.

□ Ocorrência de esqueleto em alguns grupos de animais

Nas esponjas (espongíários ou poríferos), para a sustentação, existe um endoesqueleto orgânico (fibras da proteína espongina) ou inorgânico (espícululas silicosas ou calcárias).

Nos celenterados, os corais (antozoários) são famosos por seus exoesqueletos, que constituem os recifes de coral (secretados por colônias de antozoários). É bastante famosa a grande barreira de coral que se estende ao longo da costa nordeste da Austrália, em uma extensão de cerca de 2 000 km.

Os principais antozoários formadores dos recifes de coral são os representantes da ordem *Madreporaria*. Também contribuem para a formação

dos recifes outros celenterados e algas marinhas.

Na formação dos recifes, com o crescimento das colônias, vai aumentando a extensão da massa calcária constituída pelos exoesqueletos. As principais condições que concorrem para a formação dos recifes são: água límpida, pouco movimentada e bem oxigenada, temperatura acima de 20°C e profundidade média de 40 m (inferior a 100 m).

Os vermes achatados (platelminthes), filamentosos (nematoides) e anelados (anelídeos) geralmente não apresentam esqueletos. Porém, devemos lembrar os anelídeos tubícolas (marinhos), que segregam materiais ao redor de seus corpos, com retenção de elementos do meio ambiente, e assim adquirem tubos protetores (têm função esquelética, mas não são esqueletos verdadeiros).

Nos equinodermas (ex.: ouriço-do-mar), o esqueleto é interno (endoesqueleto). Origina-se da mesoderme e situa-se abaixo do tegumento do animal.

Nos moluscos (ex.: mexilhão), artrópodes (ex.: insetos) e vertebrados (ex.: homem), os esqueletos são muito desenvolvidos.

A distinção entre eles pode ser feita em termos do material de que são formados ou da posição anatômica do esqueleto em relação aos diversos órgãos.

Nos moluscos, salvo exceções (lulas, que têm concha interna, e lesmas, que não têm esqueleto), o esqueleto é externo (exoesqueleto), composto principalmente por carbonato de cálcio (CaCO_3). A concha (esqueleto) é secretada pelas células tegumentares em camadas, à medida que o animal cresce. Também são depositadas fibras de proteínas entre as camadas de CaCO_3 , o que confe-

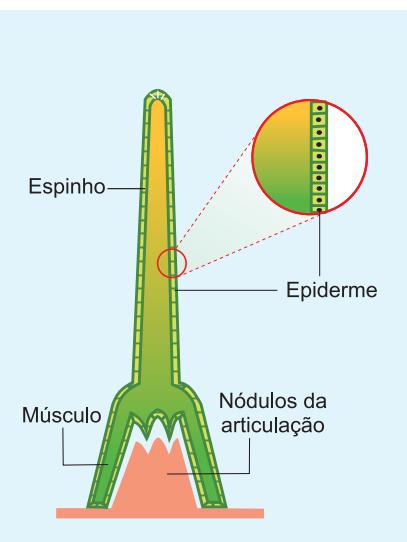
re ao esqueleto uma resistência consideravelmente maior.

Os artrópodes apresentam exoesqueleto quitinoso (possuem quitina, que é um polissacarídeo). O tegumento é secretado (produzido) pelo animal e contém lipoproteínas, ceras (lipídios impermeabilizantes), proteínas, quitina e CaCO_3 .

Os cordados, filo do qual o homem faz parte, têm endoesqueleto. São exemplos de cordados: anfioxo, feiticeira, tubarão, lambari, sapo, jacaré, galinha e cachorro.

A medula óssea humana apresenta um tecido conjuntivo hematopoético (produtor de sangue) mieloide. Ela produz glóbulos vermelhos (hemácias), glóbulos brancos (leucócitos) e plaquetas. A radioatividade pode afetar a medula óssea, ocasionando leucemia, ou seja, câncer de sangue.

A coluna vertebral protege a medula espinhal ou raquidiana, que é formada por tecido nervoso cuja lesão pode acarretar paralisias (ex.: poliomielite).



Espinho de equinodermo com revestimento epidérmico.



1. ALIMENTOS

Os alimentos são utilizados no organismo como fonte de energia, como matéria-prima de crescimento e reconstituição do corpo e como regulador de outras funções orgânicas.

□ Classificação

Podem ser classificados em plásticos, energéticos, mistos e reguladores.

□ Plásticos

São os alimentos utilizados na estrutura do organismo, na construção de componentes celulares. Ex.: proteínas.

São fontes de proteínas: carne, ovos, soja, feijão, gelatina, queijo, leite etc.

□ Energéticos

São os alimentos utilizados como "fontes de energia" necessárias às atividades vitais. Ex.: carboidratos ou glicídeos.

A energia é obtida por meio da oxidação dos alimentos, realizada pelas mitocôndrias.

São fontes de carboidratos: cana-de-açúcar, beterraba, arroz, feijão, milho, trigo etc.

□ Mistas

São alimentos que apresentam várias funções ao mesmo tempo.

Ex.: lípides (plásticos e energéticos).

São fontes de lípides: óleo, manteiga, toucinho, margarina, ovo etc.

□ Reguladores

São alimentos que controlam as funções vitais. Ex.: vitaminas e sais minerais.

As vitaminas são ativadoras das enzimas que aceleram o metabolismo celular.

São fontes de vitaminas: frutas, cereais, ovo, leite etc.

2. DIGESTÃO

□ Generalidades

Digestão é o conjunto de transformações fisiquímicas que os alimentos orgânicos sofrem para se converter em compostos menores hidrosolúveis e absorvíveis.

□ Hidrolise enzimática

A digestão dos compostos orgânicos ocorre na presença da água e é catalisada pelas enzimas digestórias.

Substratos	Absorção na forma de
Glicídeos	Monossacarídeos
Proteínas	Aminoácidos
Ácidos nucleicos	Nucleotídeos
Lípides	Ácidos graxos e glicerol
Vitaminas, Água e Sais	Não sofrem digestão

3. TIPOS DE DIGESTÃO

De acordo com o local da ocorrência, temos:

- Digestão intracelular (ocorre totalmente no interior da célula).
- Digestão extracelular (ocorre totalmente no tubo digestório).
- Digestão extra e intracelular (inicia-se no tubo digestório e completa-se no interior da célula).
- Digestão extracorpórea (a digestão da aranha não ocorre em seu corpo, mas na própria presa).

□ Digestão intracelular

Ocorre totalmente dentro das células (protozoários e poríferos) e é realizada pelos lisossomos.

Os lisossomos são pequenos vacúolos citoplasmáticos que apresentam membrana lipoproteica e, no seu interior, enzimas digestórias responsáveis pela digestão de vários tipos de compostos orgânicos.

Se a membrana do lisossomo for fragmentada, as enzimas serão lançadas no citoplasma e a célula morrerá por autodigestão.

As esponjas (poríferos) apresentam coanócitos e amebócitos – células responsáveis pela digestão intracelular.

Elas possuem uma projeção da plasmalema que lembra um "colarinho".

Observação

Os lisossomos dos leucócitos (glóbulos brancos do sangue) realizam a digestão intracelular de bactérias, atuando na defesa do organismo.

□ Digestão extra e intracelular

A digestão inicia-se no tubo di-

gestório e completa-se no interior das células.

Ocorre nos celenterados (hidra), platielmintes (planária) e em alguns moluscos (mexilhão).

Os celenterados (ex.: hidra) apresentam células denominadas cnidoblastos, que possuem um líquido urticante (hipnotoxina).

A forma geral de um cnidoblasto é a de um cálice de pé comprido, fechado na extremidade superior, na qual há um pequeno prolongamento pontiagudo, o cnidocílio. No interior da parte alargada do cnidoblasto, encontra-se o nematocisto, uma diferenciação de estrutura bastante complexa. O nematocisto é uma vesícula ovoide, com parede dupla, constituída por uma membrana interna delgada e uma externa mais forte e elástica, que forma o opérculo, uma pequena tampa que fecha a abertura superior do nematocisto. A membrana interna evagina-se por baixo do opérculo e forma, no interior da vesícula, um longo filamento enrolado em espiral. No interior do nematocisto, existe um líquido urticante ou viscoso.

Os cnidoblastos atuam na defesa, facilitam a caça e, em alguns casos, contribuem para a movimentação do animal.

□ Digestão extracelular

A digestão ocorre totalmente no interior do tubo digestório do animal.

Ocorre na maioria dos invertebrados (ex.: minhocas), nos protocordados (anfioxo) e nos vertebrados (peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos).

Em relação à alimentação, podemos afirmar que o homem apresenta especialmente digestão extracelular, enquanto os lisossomos realizam a digestão de componentes celulares velhos, que devem ser renovados (autofagia).

□ Digestão extracorpórea

A aranha injeta seu suco digestório no interior de sua presa, ou seja, no corpo do inseto, onde ocorre a digestão.

1. GENERALIDADES

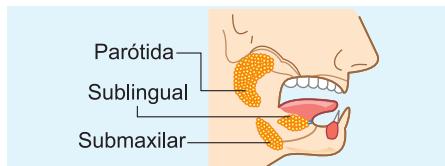
A digestão humana é extracelular, pois ocorre no interior do tubo digestório. Compreende processos físicos (mecânicos) como a mastigação, a deglutição e os movimentos peristálticos. É também um processo químico, graças à ação das enzimas secretadas por glândulas anexas.

O aparelho digestório é formado por boca, faringe, esôfago, estômago, intestino delgado (duodeno, jejunoo e íleo), intestino grosso (ceco, cólon ascendente, cólon transverso, cólon descendente, cólon sigmoide, reto) e ânus, e possui os seguintes anexos: glândulas salivares, vesícula biliar, fígado e pâncreas.

A mastigação e deglutição (ato de engolir) ocorrem na boca. A faringe e a parte anterior do esôfago têm músculos estriados (voluntários). A parte posterior do esôfago, o estômago e o intestino possuem musculatura lisa (involuntária). O alimento é impulsionado ao longo do tubo digestório, graças aos movimentos peristálticos.

A musculatura lisa do tubo digestório é inervada pelo sistema nervoso autônomo (simpático e parassimpático). A estimulação do parassimpático aumenta a motricidade (peristaltismo) da musculatura lisa gastrointestinal, enquanto a estimulação do simpático a modera ou inibe.

Nos limites das diferentes partes do tubo digestório, existem estruturas chamadas **esfíncteres**, formadas por espessamentos da camada muscular circular; entre o esôfago e o estômago, encontra-se o **cárdia**; entre o estômago e o duodeno, o **píloro**; entre o intestino delgado e o colo, o **esfíncter ileocólico** e, finalmente, na extremidade inferior do reto, os **esfíncteres anais interno e externo**.



Parótidas: um par de glândulas salivares, cuja inflamação é denominada caxumba (parotidite).

2. DIGESTÃO NA BOCA

A digestão química na boca deve-se à ação **de enzimas da saliva**. A saliva é secretada pelas glândulas parótidas, submaxilares, sublinguais e em numerosas outras glândulas salivares menores.

A principal enzima da saliva é a **ptialina** (amilase salivar). Outras enzimas da saliva de menor importância (produzidas em quantidades pequenas) são a **maltase** e a **catalase**.

A saliva tem um pH entre 6,4 e 7,5, faixa favorável à ação digestória da ptialina.

A ptialina catalisa a hidrólise de polissacarídeos (amido, glicogênio e seus derivados).

A digestão do amido pela saliva produz inicialmente **eritrodextrina** (cor vermelha com o iodo); a seguir forma-se a **acrodextrina** (não dá coloração com o iodo); e, finalmente, tem-se a conversão da acrodextrina em **maltose**.

O método mais usado para medir a atividade da amilase salivar consiste em tratar uma solução de amido e saliva pelo iodo (ou lugol) e medir o tempo para o desaparecimento da coloração azul (amido com iodo ou lugol resulta cor azul).

A maltase catalisa a hidrólise da maltose (dissacarídeo) em duas moléculas de glicose (monosacarídeo).

A catalase catalisa a transformação da água oxigenada em água e oxigênio:



A secreção salivar é controlada por mecanismo nervoso. Quando o alimento é colocado na boca, reflexos nervosos estimulam a secreção, especialmente se o alimento é saboroso ou apetitoso. Tal controle é realizado pelo sistema nervoso autônomo.

3. DIGESTÃO NO ESTÔMAGO

No estômago, o alimento sofre a ação do suco gástrico, que é secretado pelas glândulas localizadas na parede estomacal.

O muco é produzido pelas glândulas pilóricas e cárdicas do estômago e lubrifica o bolo alimentar, além de proteger a parede do estômago contra a ação das enzimas gástricas e do HCl.

O HCl apresenta as seguintes funções:

- facilita a absorção de ferro;
- proporciona um pH ótimo para a digestão proteica;
- inicia a digestão proteica (desnaturação e possível hidrólise);
- ativa o pepsinogênio à pepsina;
- age contra os germes, restringindo a fermentação microbiana (ação germicida).

A principal enzima do suco gástrico é a pepsina (produzida na forma inativa de pepsinogênio, que é ativada pelo HCl e pela própria pepsina).

A **pepsina** é uma enzima proteolítica (digere proteínas em peptídeos) que atua num meio altamente ácido (pH ótimo = 2,0) e acima de pH = 5,0, tem pouca atividade proteolítica, logo se tornando completamente inativa.

A secreção gástrica é regulada por mecanismos nervosos e hormonais.

A regulação hormonal é realizada por meio de dois hormônios (**gastrina e enterogastrona**). A gastrina é produzida pela mucosa da região pilórica do próprio estômago e tem ação estimulante (excitadora) sobre a secreção gástrica. A enterogastrona é produzida no intestino delgado (duodeno) em presença de gordura e inibe a secreção gástrica.

4. DIGESTÃO NO INTESTINO

□ Suco pancreático

O suco pancreático é secretado pelo pâncreas (parte exócrina).

O pH deste suco é de 7,8 a 8,2, graças ao seu alto teor em bicarbonato.

As enzimas deste suco são:

tripsina, quimiotripsina, amilase pancreática, lipase pancreática, ribonuclease e desoxirribonuclease.

A **tripsina** é sintetizada nas células pancreáticas na forma do precur-

sor inativo – (**tripsinogênio**). A ativação do tripsinogênio é realizada pela enzima **enteroquinase** (produzida pelo intestino delgado). O tripsinogênio também pode ser ativado pela própria tripsina (autocatálise). Esta enzima atua sobre proteínas inteiras ou parcialmente digeridas, resultando em frações menores (peptídeos).

A **quimiotripsina** é produzida pelo pâncreas na forma de **quimiotripsinogênio**, que é ativado pela tripsina, passando, então, a **quimiotripsina**. Esta enzima age sobre proteínas inteiras ou parcialmente digeridas, resultando em frações menores (peptídeos).

A **amilase pancreática** hidrolisa os polissacarídeos a dissacarídeos (alguns polissacarídeos, como a celulose e a quitina, não são hidrolisados pelas amilases do homem).

A **lipase pancreática** hidrolisa as gorduras neutras a ácidos graxos e glicerol.

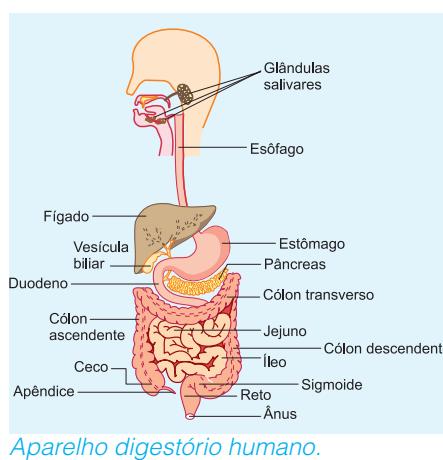
As **nucleases** (ribonuclease e desoxirribonuclease) hidrolisam, respectivamente, o ácido ribonucleico e o desoxirribonucleico a frações menores (nucleotídeos).

A secreção pancreática é regulada por mecanismo nervoso e também hormonal, sendo este último mais importante.

A visão, o cheiro, o gosto do alimento e também a chegada do bolo alimentar ao estômago desencadeiam impulsos parassimpáticos através do nervo vago até o pâncreas, determinando uma secreção moderada do suco pancreático.

A chegada do alimento ao intestino delgado estimula a mucosa duodenal a produzir o hormônio **secretina**, que, por sua vez, estimula o pâncreas a secretar o suco pancreático.

A secretina é produzida em resposta à estimulação da acidez do bolo alimentar que chega do estômago. O suco pancreático, que chega agora ao duodeno, é altamente rico em bicarbonato, que tem por finalidade reduzir a acidez do bolo alimentar e, assim, garantir a ação das enzimas pancreáticas que funcionam em pH ligeiramente alcalino e neutro.



Aparelho digestório humano.

□ Bile

A bile é produzida pelo fígado a partir de hemácias velhas e armazenada na vesícula biliar.

Não apresenta enzima digestória. Possui sais biliares (glicolato e taurocolato de sódio) que emulsionam as gorduras, facilitando a ação das lipases (aumentam a superfície de ação).

Outra função dos sais biliares é solubilizar os produtos finais da digestão lipídica, facilitando assim a sua absorção pela mucosa intestinal.

A presença de gordura no intestino delgado estimula a mucosa duodenal a produzir o hormônio colecistoquinina, o qual age determinando a

contração da parede da vesícula que, então, elimina a bile para o intestino.

Em sua maior parte, os sais biliares segregados na bile são reabsorvidos pelo intestino e a seguir ressegregados pelo fígado várias vezes, realizando assim sua função na digestão e na absorção de gordura diversas vezes, antes de se perderem com as fezes.

□ Suco entérico

O suco entérico é produzido pelo epitélio glandular das criptas (cavernas) de Lieberkuhen, localizadas no intestino delgado.

O suco entérico (intestinal) contém muco (cujo papel é proteger a parede intestinal contra uma autodigestão) e as enzimas: **enteroquinase, erepsina, lipase, amilase, maltase, lactase e sucrase**. Seu pH está na faixa de 6,5 a 7,5.

A **enteroquinase**, além do papel de ativadora do tripsinogênio, digere peptídeos a aminoácidos.

A **erepsina** é na verdade o nome que se dá a um conjunto de peptidases que agem sobre peptídeos, transformando-os em aminoácidos.

A **lipase** hidrolisa os lípidos a ácidos graxos e glicerol.

A **amilase** hidrolisa os polissacarídeos a dissacarídeos.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS SUCOS DIGESTÓRIOS HUMANOS

Sucos	pH	Enzimas	Hormônios
SALIVA	6,4 a 7,5	Amilase (Ptrialina) Maltase Catalase	—
GÁSTRICO	2	Pepsina	Gastrina (excitador) Enterogastrona (inibidor)
PANCREÁTICO	7,8 a 8,2	Amilase Lipase Tripsina Quimiotripsina DNA ase RNA ase	Secretina (excitador)
ENTÉRICO	6,5 a 7,5	Amilase Lipase Erepsina Enteroquinase Maltase Lactase Sucrase	Secretina (excitador)
BILE	7,5 a 8,0	—	Colecistoquinina

A **maltase** hidrolisa a maltose a glicose.

A **lactase** hidrolisa a lactose a glicose e galactose.

A **sucrase** hidrolisa a sacarose a glicose e frutose.

Os meios mais importantes para a regulação da secreção do intestino delgado são vários reflexos ou estímulos diretos, como a distensão do intestino e estímulos táteis ou irritantes, que resultam em intensa secreção do suco intestinal.

Influxos parassimpáticos levam a um aumento considerável da secreção.

A **secretina**, que tem ação sobre o pâncreas, desempenha também um papel estimulante sobre a secreção intestinal.

5. ABSORÇÃO DOS ALIMENTOS

A absorção dos alimentos ocorre principalmente no intestino delgado, que possui microvilosidades, estruturas responsáveis pelo aumento da superfície de absorção. No nível do jejunóleo, há uma grande absorção de glicose, aminoácidos etc. O estômago e o intestino grosso também participam da absorção, sobretudo de

água.

Algumas substâncias são absorvidas por pinocitose, porém a maior parte da absorção ocorre por difusão e transporte ativo.

No intestino grosso, passam dia-riamente cerca de 500 mL de quimo; a maior parte da água e dos eletrólitos são absorvidos, restando cerca de 100 mL para serem eliminados com as fezes.

Uma população bacteriana está presente no intestino grosso.

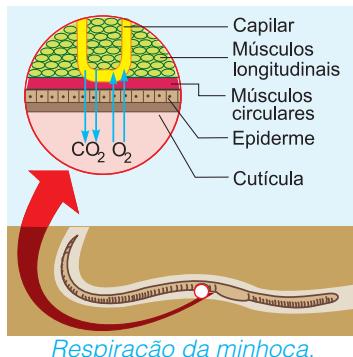
Essas bactérias produzem vitaminas (K, B₁₂, tiamina, riboflavina) e vários gases.

MÓDULO 6

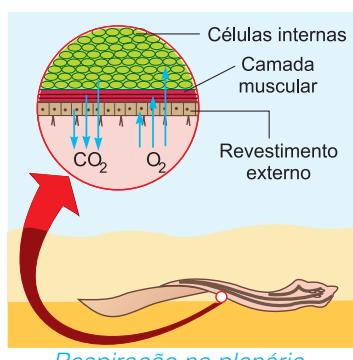
O Sistema Respiratório

1. RESPIRAÇÃO TEGUMENTAR, CUTÂNEA OU "POR DIFUSÃO"

O animal não apresenta estruturas especializadas e as trocas gasosas se dão através da ou das células superficiais por mecanismo de **difusão**. Este tipo de respiração ocorre em protozoários, espongiários (poríferos), celenterados, vermes (platelmintos, asquelmintos e anelídeos) e cefalocordados. A respiração tegumentar ocorre ao lado do tipo especializado de respiração em anelídeos poliquetas, moluscos e mesmo em anfíbios.



Respiração da minhoca.



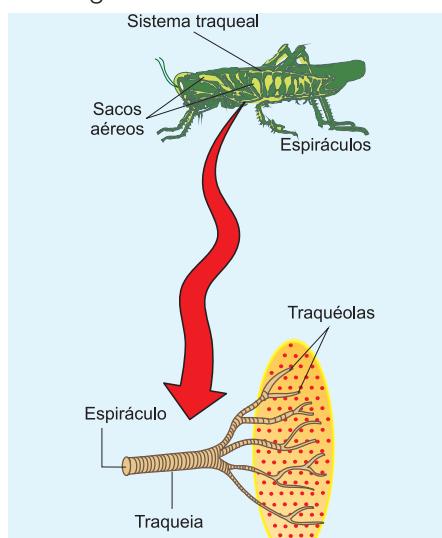
Respiração na planária.

□ Respiração branquial

Respiração por meio de brânquias que ocorre em vários grupos de animais, como em poliquetas (anelídeos), muitos moluscos, crustáceos, ciclostomados, peixes e anfíbios.

□ Respiração traqueal

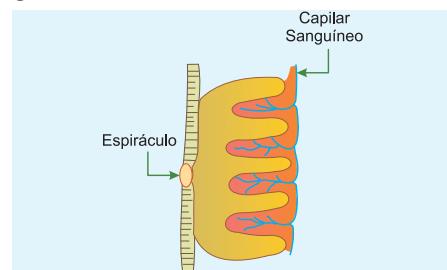
Ocorre nos insetos e nos miriápodos (lacraia, centopeia). Consiste num conjunto de tubos ramificados que se comunicam com o exterior através de orifícios (espiráculos). O sistema circulatório não participa das trocas gasosas.



□ Respiração filotraqueal ou pulmotraqueal

Ocorre nas aranhas e nos escorpiões. Consiste num conjunto de tubos que se comunicam com capilares

sanguíneos onde ocorrem as trocas gasosas.



Respiração filotraqueal da aranha.

□ Respiração pulmonar

É o tipo de respiração dos tetrápodos (anfíbios, répteis, aves e mamíferos), ocorrendo também em alguns moluscos terrestres (caracol) e em alguns peixes (dipnoicos).

• Pulmão saculiforme

Possui uma pequena superfície de trocas gasosas.

Está presente nos anfíbios e em alguns répteis.

• Pulmão parenquimatoso

Possui uma superfície de trocas gasosas maior do que o anterior.

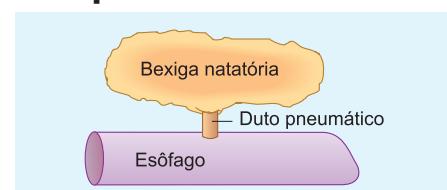
Está presente em répteis e aves.

• Pulmão alveolar

Possui uma grande superfície de trocas gasosas.

É encontrado nos mamíferos.

• Pulmão de peixe fisóstomo



1. GENERALIDADES

O homem apresenta respiração pulmonar.

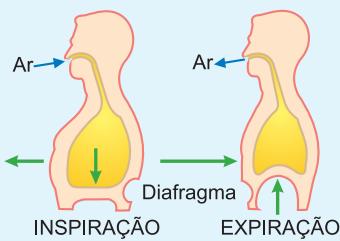
Aparelho respiratório

O ar, no aparelho respiratório humano, percorre o seguinte trajeto: fossas nasais ou boca → faringe → laringe → traqueia → brônquios → bronquíolos → alvéolos pulmonares.

Nos alvéolos pulmonares, ocorre a entrada de O_2 e a saída de CO_2 , com a consequente passagem do sangue venoso a arterial (hematóse).

Mecanismo da respiração

Os pulmões podem sofrer **expansão** e **retração** e consequentemente sofrer diminuição ou aumento de sua pressão interna, em relação à pressão atmosférica. Deste modo, quando os pulmões se expandem, aumentam de volume, há queda de pressão interna (em relação à pressão atmosférica) e assim o ar se desloca do exterior, através das vias respiratórias, para o interior dos pulmões — é a INSPIRAÇÃO. Quando o pulmão entra em retração, diminui o volume, aumenta a pressão interna (em relação à atmosférica) e assim o ar se desloca do interior dos pulmões, através das vias respiratórias, para o exterior — é a EXPIRAÇÃO.



Participação da caixa torácica e do diafragma nos movimentos de inspiração e expiração.

O mecanismo da respiração depende de contrações musculares rítmicas, reguladas pelo sistema nervoso autônomo. O centro respiratório localiza-se no bulbo e, através da me-

dula, transmite os impulsos que chegam aos músculos respiratórios.

O centro respiratório é, na verdade, constituído pelo centro inspiratório e pelo centro expiratório. A oscilação contínua dos impulsos nervosos originados nestes centros controla os ciclos respiratórios.

2. TRANSPORTE DE GASES RESPIRATÓRIOS PELO SANGUE

O oxigênio inspirado difunde-se nos pulmões através das membranas respiratórias e cai na corrente sanguínea para os demais tecidos do organismo. O oxigênio é transportado pelo sangue de duas maneiras diferentes:

- em solução no plasma (cerca de 3%);
- em combinação química com a hemoglobina das hemárias (cerca de 97%).

Tem maior importância fisiológica o transporte do oxigênio ligado à hemoglobina (oxiemoglobina), porém, antes de tratar deste transporte do oxigênio, estudaremos pigmentos respiratórios em geral.

A finalidade do pigmento respiratório é aumentar a capacidade do sangue em transportar oxigênio para os

tecidos, já que a solubilidade deste gás no sangue é muito baixa.

Os pigmentos respiratórios são **proteínas** que em suas moléculas apresentam um átomo de metal. A maioria dos pigmentos respiratórios contém **ferro** em suas moléculas. É ao metal da molécula que o oxigênio se liga para ser transportado.

Transporte de dióxido de carbono

Nos tecidos, na respiração intracelular, as células estão produzindo continuamente CO_2 , que se difunde finalmente para o sangue. O CO_2 agora é transportado, pelo sangue, até os pulmões, onde se difunde para o ar alveolar.

O dióxido de carbono é transportado pelo sangue de três maneiras diferentes:

- em solução no plasma (cerca de 7%);
- em combinação com a hemoglobina e proteínas plasmáticas, formando compostos carbaminas (de 3% a 33%);
- na forma de íon bicarbonato (cerca de 60% a 90%).

Como se vê, a maior importância fisiológica é o transporte do dióxido de carbono na forma de íon bicarbonato.

Os pigmentos respiratórios (proteínas) presentes nos animais estão descritos abaixo.

Pigmento	Cor	Metal	Localizado em:	Presente em:
Hemoglobina	Vermelha	Fe	Plasma	Anelídeos e Moluscos
			Glóbulos	Vertebrados
Hemoeritrina	Vermelha	Fe	Glóbulos	Anelídeos
Hemocianina	Azul	Cu	Plasma	Crustáceos, Moluscos e Aracnídeos
Clorocruerina	Verde	Fe	Plasma	Anelídeos
Vanadina	Incolor	V	Plasma	Tunicados

1. GENERALIDADES

O sangue (fluído circulante) apresenta, nos mamíferos, as seguintes funções:

- Transporte de substâncias alimentares da região de absorção (intestino) para as demais partes do corpo (células).

- Transporte de excretas para os órgãos excretores (rins) a partir das demais partes do corpo.

- Transporte dos gases respiratórios (oxigênio e dióxido de carbono) entre os pulmões e as demais partes do corpo.

- Transporte de hormônios (substâncias controladoras da atividade de certos órgãos).

Estas funções são desempenhadas pelo sistema circulatório (ou sistema de transporte) com eficiência e precisão nos animais vertebrados.

Observação

No caso dos insetos, o sangue não participa do transporte de gases, pois eles apresentam respiração traqueal e não possuem pigmentos respiratórios no sangue.

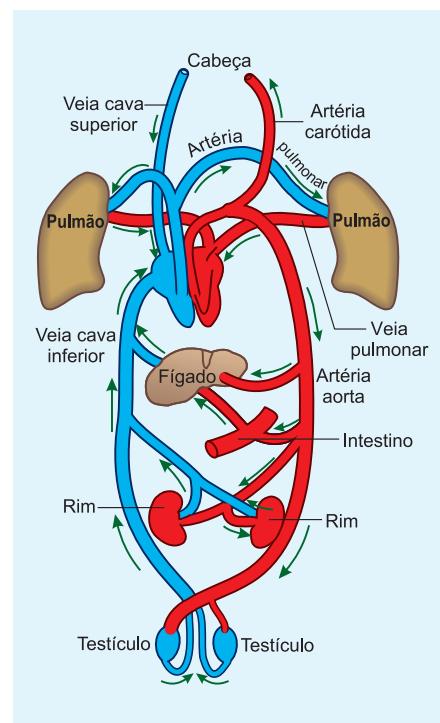
2. TIPOS DE SISTEMAS CIRCULATÓRIOS

Protozoários (ex.: ameba), poríferos (ex.: esponja), celenterados (ex.: hidra), platielmintos (ex.: planária) e asquelmintes (ex.: lombriga) não possuem um verdadeiro sistema de transporte.

Nos celenterados (nas medusas), encontra-se um sistema gastrovascular que não é um sistema circulatório verdadeiro: trata-se de um sistema de canais, junto à cavidade gástrica, pelos quais circula (entra e sai) a água do mar.

Os equinodermas (ex.: estrela-do-mar) constituem um grupo de animais de relativo grande porte, mas sem sistema circulatório verdadeiro. Eles apresentam sistema de vasos e lacunas pelo corpo, porém neles não circula sangue. Na estrela-do-mar, por exemplo, há três sistemas de canais diferentes. Um deles é o sistema ambulacrário, que é aberto livremente para o exterior por uma placa per-

furada (placa madreporica), pela qual penetra a água do mar. Nem este sistema ambulacrário nem qualquer outro sistema de canais do animal desempenham papel de sistema circulatório verdadeiro.

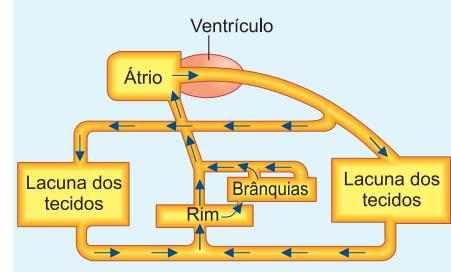


Circulação do sangue nos mamíferos.

☐ Aberto ou lacunar

Nos moluscos e artrópodes, o sistema circulatório está presente e é do tipo **aberto**. Neste tipo de sistema circulatório, os vasos sanguíneos saem de um ou mais espaços irregulares nos tecidos.

lares nos tecidos (sínus, lacunas ou hemocelas), nos quais o sangue se move lentamente (coração pouco muscular: desenvolve pressão sanguínea baixa) e realiza troca de substâncias com as células dos tecidos adjacentes. Este sangue é coletado por outros vasos ou lacunas que o trazem de volta ao coração. Como o sangue circula por lacunas, além de vasos, o sistema é denominado aberto ou lacunar.



Aparelho circulatório de mexilhão (molusco).

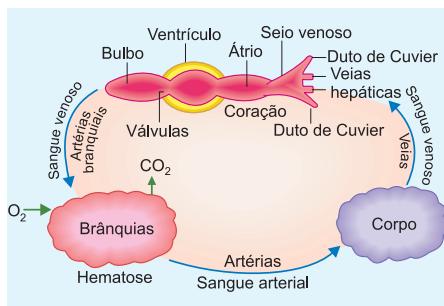
O coração dos artrópodes (ex.: inseto) é um tubo muscular longo. Em cada segmento do corpo, ele apresenta dois ostíolos (aberturas) provisórios de válvulas.

O sangue dos insetos não apresenta função no transporte de gases respiratórios.

Entre os moluscos, o sistema circulatório é muito desenvolvido nos céfalo-podes (lula, polvo etc.).

Os protocordados (ex.: anfioxo) também apresentam sistema circulatório aberto ou lacunar.

	Sistema circulatório lacunar (aberto)	Sistema circulatório fechado
Coração	pouco muscular	muito muscular
Hemocelas	presentes	ausentes
Capilares	ausentes	presentes
Pressão sanguínea	baixa	alta
Velocidade de fluxo	baixa	alta
Quantidade de alimentos transportados por unidade de tempo	pequena	grande



Circulação simples de peixe.

□ Fechado

Pressão arterial relativamente alta e sustentada é característica dos vertebrados superiores. Depende da contração poderosa dos ventrículos, da elasticidade das paredes das artérias principais e da resistência periférica dos vasos de menor calibre (arteríolas). Nota-se, portanto, que animais de **circulação aberta** não podem desenvolver pressões maiores e também constantes, pois seu coração é pouco musculoso e faltam as artérias de paredes elásticas e a resistência periférica (pois não há o sistema de arteríolas e capilares).

Entre os invertebrados, as pressões sanguíneas mais altas foram encontradas em polvos e outros cefalópodes. As lacunas sanguíneas espacosas, características de outros moluscos, são nestes animais representadas por vasos definidos: artérias, arteríolas, capilares, vénulas e veias, como nos vertebrados. Contra a resistência oferecida pelos vasos periféricos, o coração é capaz de estabelecer e manter pressão relativa-

mente alta, que varia de 30 a 45 mmHg.

O sistema circulatório fechado está presente nos anelídeos e vertebrados.

querido para todo o organismo através do sistema arterial e, a seguir, o retorno deste sangue ao átrio direito através do sistema venoso.

A circulação dupla pode ser **completa** ou **incompleta**. Nos anfíbios e nos répteis, é incompleta, porque a anatomia do coração permite a mistura do sangue venoso com o arterial. Nas aves e nos mamíferos, a circulação é completa, porque o coração é completamente dividido em duas metades (a direita, onde passa o sangue venoso, e a esquerda, onde passa o sangue arterial).

4. CORAÇÃO DOS MAMÍFEROS

Contém dois átrios e dois ventrículos com separações completas. No embrião, os dois átrios se comunicam pelo forâmen oval ou forâmen de Botal, uma abertura no septo interatrial, que normalmente se fecha durante o desenvolvimento. Como nas aves, o seio venoso aparece só na fase embrionária. No átrio direito, chegam uma ou duas veias cavae anteriores e uma veia cava posterior. Do ventrículo direito, parte um tronco pulmonar que logo se bifurca em duas artérias pulmonares. Do ventrículo esquerdo, parte a aorta, que se curva para a esquerda. A válvula do orifício atrioventricular direito é chamada **tricúspide** (três lâminas). O orifício ventricular esquerdo é guarnecido pela válvula bicúspide ou mitral.

3. CIRCULAÇÃO NOS VERTEBRADOS

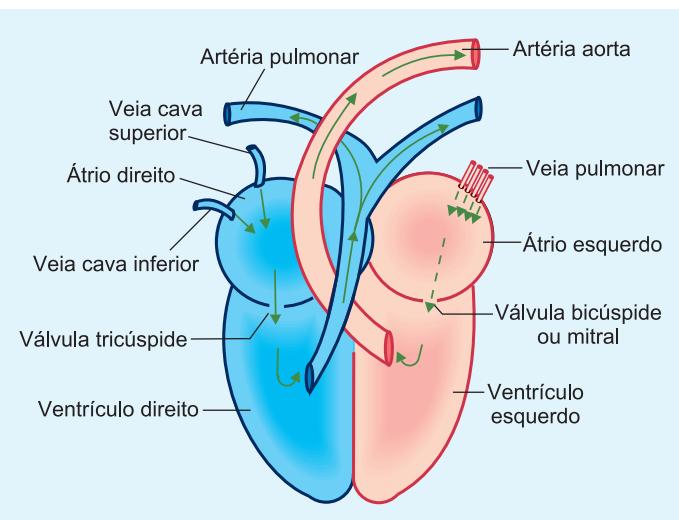
Os vertebrados apresentam circulação fechada, que pode ser simples ou dupla.

□ Circulação fechada simples

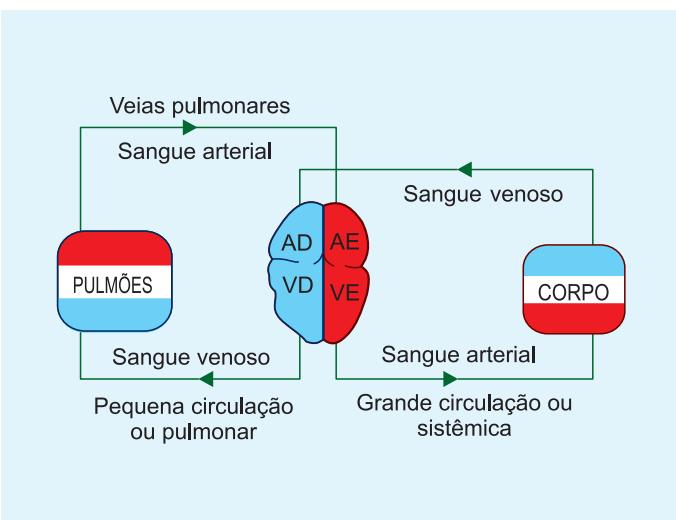
Nos vertebrados de respiração branquial, a circulação é **simples**, porque pelo coração só passa um tipo de sangue (venoso). O sangue venoso que sai do coração é levado às brâquias, onde é oxigenado e daí distribuído pelas artérias para todo o corpo, retornando, a seguir, pelo sistema venoso ao coração. É o caso dos ciclostomados (ex.: lampreia) e peixes.

□ Circulação fechada dupla

Nos vertebrados de respiração pulmonar, a circulação é **dupla** (porque pelo coração passam dois tipos de sangue, o venoso e o arterial, fazendo dois ciclos ou circulações pelo corpo). O **ciclo ou circulação pulmonar** (pequena circulação) é o trajeto do sangue entre o ventrículo direito e o átrio esquerdo, passando pelos pulmões. O **ciclo geral** (grande circulação ou sistêmica) é o percurso do sangue do ventrículo es-



Coração dos mamíferos.



Esquema de circulação dupla (AD: átrio direito; AE: átrio esquerdo; VD: ventrículo direito; VE: ventrículo esquerdo).

QUADRO COMPARATIVO DA CIRCULAÇÃO NOS VERTEBRADOS

Ocorrência	Seio venoso	Átrio	Ventrículo	Bulbo	Observações
Ciclostomados (ex.: lampreia), condrictes (ex.: tubarão) e osteíctes (ex.: roncador)	1	1	1	1	Circulação fechada e simples; pelo coração, só passa sangue venoso.
Coanictes ou dipnoicos (ex.: piramboia) e anfíbios urodelos perenebranquiados (salamandra)	1	2 incompletamente divididos	1	1	Circulação fechada, dupla e incompleta.
Demais anfíbios (ex.: sapo)	1	2 completamente divididos	1	1 reduzido	Circulação fechada, dupla e incompleta.
Répteis não crocodilianos (ex.: tartaruga)	1	2	2 incompletamente divididos	—	Circulação fechada, dupla e incompleta; início do septo de Sabatier entre os ventrículos.
Répteis crocodilianos (crocodilo, jacaré etc.)	1	2	2 completamente divididos	—	Circulação fechada, dupla e incompleta; mistura de sangue no Forâmen de Panizza e na junção das duas aortas.
Aves e mamíferos	—	2	2	—	Circulação fechada, dupla e completa. Nas aves, a aorta curva-se para a direita; nos mamíferos, para a esquerda.

MÓDULO 9

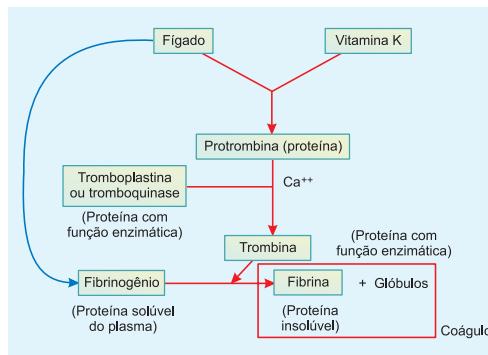
0 Sangue Humano

1. GENERALIDADES

O sangue é formado por duas partes: o plasma (parte líquida) e os elementos figurados (glóbulos vermelhos, glóbulos brancos e plaquetas).

O plasma é uma solução aquosa de 90% de água e 10% de substâncias representadas por proteínas (cerca de 7% do total), sais minerais (cerca de 0,9%), monossacarídios, aminoácidos, ácidos graxos, glicerídeos, gorduras, colesterol e ureia. Além desses componentes, são encontrados no plasma sanguíneo os gases respiratórios (O_2 e CO_2), hormônios, enzimas etc.

Através das paredes dos capilares, o plasma sanguíneo está em equilíbrio com o líquido intercelular dos tecidos, cuja composição química é



semelhante à do plasma, diferindo deste especialmente em relação às proteínas (maior concentração de proteínas no plasma e bem menor no líquido intercelular). Entre as proteínas do plasma, encontram-se globulinas (alfa, beta e gama), albuminas e fibrinogênio. As albuminas têm papel fundamental na manutenção da pressão

osmótica no sangue. As gamaglobulinas são também chamadas de imunoglobulinas, por constituírem os anticorpos. O fibrinogênio é uma proteína relacionada à coagulação sanguínea.

Os elementos figurados do sangue estão representados pelas **hemárias, leucócitos e plaquetas**.

□ Eritrócitos ou hemárias

São células sanguíneas produzidas pelo tecido conjuntivo hematopoético mieloide que se localiza no interior dos ossos (cranianos, vértebras, costelas e epífises dos ossos longos), formando a medula vermelha.

Durante a diferenciação celular, as hemárias dos mamíferos perdem

núcleo, mitocôndria, sistema golgiense e lisossomo. Elas não se dividem, têm metabolismo baixo e vida aproximada de quatro meses.

As hemácias dos demais vertebrados (exceto mamíferos) são nucleadas.

A hemácia é discoide, circular e bicôncava, apresentando cerca de 7 micrômetros de diâmetro.

Um homem apresenta aproximadamente 5,5 milhões de hemácias por milímetro cúbico de sangue, enquanto na mulher a quantidade é de 5 milhões.

As hemácias são produzidas na medula óssea e destruídas principalmente no baço.

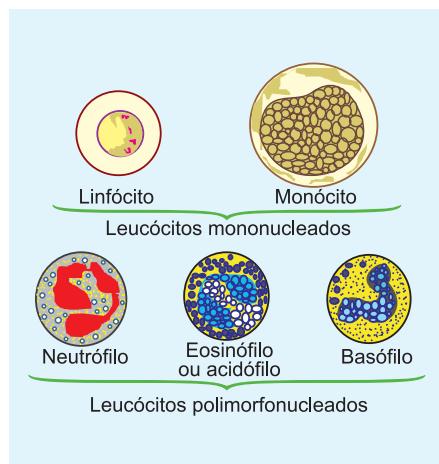
Elas transportam gases respiratórios (O_2 e CO_2).

□ Leucócitos ou glóbulos brancos

São células produzidas pelo tecido hematopoético mieloide e linfóide. São esféricas, quando mergulhadas no plasma, e capazes de apresentar movimentos ameboïdes.

Classificam-se em granulócitos, quando apresentam granulação citoplasmática (neutrófilos, basófilos e acidófilos), e agranulócitos, quando não apresentam granulação citoplasmática (monócitos e linfócitos).

Os granulócitos são produzidos na medula óssea; os agranulócitos, nos gânglios linfáticos (principalmente no baço).



Leucócitos humanos.

A principal função dos leucócitos é a defesa do organismo contra a ação de bactérias ou corpos estran-

nhos que atingem os tecidos. Essa defesa se faz por meio de duas propriedades dos glóbulos brancos: a **diapedese**, que é a propriedade que têm os glóbulos brancos de, por movimento ameboide, atravessar a parede do capilar e deslocar-se através do tecido conjuntivo; a **fagocitose**, que consiste em englobar no seu citoplasma o elemento estranho.

Os **linfócitos**, ao contrário dos demais leucócitos, são pouco ativos na fagocitose e são mais importantes na produção de anticorpos. No tecido conjuntivo, os linfócitos transformam-se em plasmócitos (células produtoras de anticorpos) e dão origem às células rejeitadoras de enxerto, que invadem órgãos transplantados entre indivíduos.

Os **acidófilos**, também chamados eosinófilos, são células fagocitárias (porém menos ativas que os neutrófilos e monócitos), que aumentam em número no sangue quando há manifestação de doenças alérgicas.

Os **basófilos** têm função pouco conhecida. Como os mastócitos (células de tecido conjuntivo), possuem heparina e histamina. Além dessas substâncias, os basófilos contêm serotonina. A serotonina e a histamina têm, respectivamente, ação vasoconstritora e vasodilatadora, e a heparina tem papel anticoagulante.

Os **neutrófilos** constituem a primeira linha de defesa contra a ação de micro-organismos. São bastante ativos na fagocitose.

Os **monócitos**, como os neutrófilos, são muito ativos na fagocitose. Transformam-se em **macrófagos**, que são células fagocitárias do tecido conjuntivo. Normalmente, o homem apresenta de 4.300 a 10.000 leucócitos por mm^3 de sangue.

□ Plaquetas ou trombócitos

São corpúsculos citoplasmáticos (anucleados) produzidos na medula óssea. Sua forma é variável, e medem cerca de 3 micrômetros. Seu número normal por mm^3 de sangue é de 150 mil a 500 mil.

Têm função na obstrução de vasos sanguíneos: quando há rupturas de vaso, as plaquetas aí se aglutinam,

formando um tampão que contribui para a obstrução do vaso. As plaquetas participam da formação da tromboplastina, que é um fator indispensável para a coagulação do sangue. Além disso, contêm serotonina, substância de ação vasoconstritora.

2. COAGULAÇÃO DO SANGUE

O mecanismo da coagulação sanguínea é muito complexo, sofrendo a ação de várias substâncias contidas no plasma, nas plaquetas e nos tecidos.

Em linhas gerais, a coagulação envolve a formação da tromboplastina pela ação dos fatores do plasma, das plaquetas ou do tecido.

A tromboplastina, em presença do íon Ca^{++} e de outros fatores plasmáticos, transforma a protrombina do plasma na enzima **trombina**.

A trombina transforma o fibrinogênio em **fibrina**.

A fibrina, sendo uma proteína insolúvel, precipita-se, formando uma rede de filamentos. A deposição da rede de fibrina na extremidade lesada no vaso retém os glóbulos sanguíneos, formando-se assim um tampão que obstrui o vaso lesado.

A protrombina forma-se no fígado, sendo necessária a vitamina K para a sua síntese, e, consequentemente, para que haja a formação do coágulo. A vitamina K é normalmente sintetizada por bactérias do intestino dos mamíferos, tornando-se deficitária, portanto, quando a sua absorção for prejudicada.

Uma substância de ação anticoagulante é o **dicumarol**, produzido por folhas de alguns trevos (trevo-dosce). O dicumarol age no fígado, competindo com a vitamina K na formação da protrombina (impede a formação desta última) e pode matar o gado, ocasionando hemorragias.

Como os íons cálcio são necessários para a ação da tromboplastina, a coagulação pode ser impedida pela remoção desses íons, possibilitada pela adição de oxalato de sódio ou de citrato de sódio (ou mesmo de amônio ou potássio).

1. CARACTERÍSTICAS GERAIS

Está presente nos vertebrados e tem a mesma finalidade em todos eles. No homem, o sistema linfático está representado por um sistema de vasos revestidos por endotélio, que recolhe o líquido intercelular e o devolve ao sangue. O líquido, assim colhido e transportado, recebe o nome de **linfa** e, ao contrário do sangue, circula apenas num sentido, isto é, da periferia para o coração.

De acordo com o calibre, os canais do sistema são chamados **capi-lares** (menor calibre), **vasos** e **dutos linfáticos** (maior calibre).

O **duto** ou **canal torácico** desemboca na veia subclávia esquerda, e a grande **veia linfática** ou **duto linfático** direito desemboca na veia subclávia direita. A parede dos dutos linfáticos tem estrutura semelhante à das veias.

No trajeto dos vasos linfáticos, encontram-se dilatações denominadas **gânglios linfáticos** ou **linfonodos**. Tais gânglios são constituídos de tecido conjuntivo hematopoético linfóide. Na sua parte interna, medular, encontra-se uma trama reticular à qual se agregam células reticuloendoteliais e ainda passagens denominadas sinusoides, revestidas por células fagocitárias. Por sua riqueza em macrófagos, os linfonodos representam filtros para a linfa, fagocitando elementos estranhos. Neles, formam-se glóbulos brancos do tipo monócitos e, principalmente, linfócitos. Além disso, por sua riqueza em plasmócitos, representam locais de formação de anticorpos.

O líquido intersticial é também denominado líquido intercelular. É semelhante ao plasma sanguíneo, embora contenha bem menos proteínas. A pressão sanguínea faz com que o plasma atravesse as paredes dos capilares, com exceção das proteínas de grande peso molecular, e passe para os espaços intercelulares. Esse

plasma filtrado é o líquido intersticial, pelo qual há o fornecimento de substâncias às células. É evidente que esse líquido é modificado posteriormente em consequência das atividades celulares.

É mantido um equilíbrio desse fluido entre o sangue e os tecidos: não chega a se formar excesso desse líquido nos tecidos, porque ele é continuamente reconduzido à corrente sanguínea pelo sistema de vasos linfáticos. O fluido, agora dentro dos vasos linfáticos, é chamado linfa. O sistema linfático funciona como um receptor do excesso de líquido intersticial.

2. HIPÓTESE DE STARLING

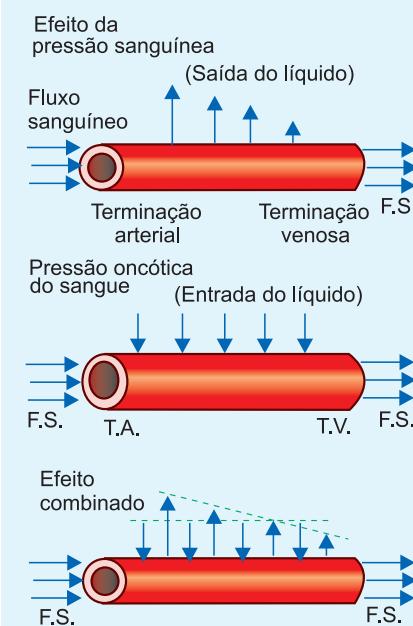
As proteínas plasmáticas desempenham um papel importante na transferência de líquido através da parede capilar. O líquido pode sair da corrente sanguínea para o líquido intercelular e também pode passar dos espaços intercelulares para a corrente sanguínea. O sentido de passagem do líquido é determinado pela pressão sanguínea dos capilares e pela pressão osmótica das proteínas do plasma.

Pressão sanguínea: em razão da sístole ventricular, o sangue é bombeado pelo sistema arterial sob alta pressão. Essa pressão decresce à medida que o sangue se distancia do coração, de tal modo que, ao passar das arteríolas para os capilares, atinge valores de cerca de 35 mmHg. Na saída dos capilares, o valor da pressão sanguínea é de apenas 15 mmHg, em média. Desse modo, a pressão sanguínea média nos capilares é da ordem de 25 mmHg. Esta pressão é suficiente para fazer extravasar o plasma sanguíneo (sem a maior parte das proteínas) e chegar aos espaços intercelulares.

Em virtude da maior concentração do plasma sanguíneo (apresenta proteínas) em relação ao líquido inter-

lular, há uma maior pressão osmótica no interior do vaso. Em consequência dessa diferença, tem-se movimento de líquido dos espaços intercelulares para o interior através da parede capilar (semipermeável). A pressão osmótica das proteínas plasmáticas é da ordem de 25 mmHg. Desse modo, observa-se um equilíbrio dinâmico do movimento de líquido entre o sangue dos capilares e do líquido intercelular dos tecidos.

A pressão sanguínea força o fluido para fora do capilar, de maneira decrescente, da terminação arterial para a terminação venosa. A pressão osmótica das proteínas (coloidosmótica ou oncótica) força o fluido dos espaços intercelulares para o interior do capilar. Na terminação arterial do capilar, sai mais fluido do que entra e, na terminação venosa, verifica-se o contrário.



Hipótese de Starling.

MÓDULO 1

Classificação dos Vegetais e Ciclo de Vida

1. CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO

As classificações dos vários grupos vegetais baseiam-se em:

- tipos de reprodução e estruturas reprodutoras;
- homologias, isto é, estruturas de mesma origem embrionária.

2. AS CLASSIFICAÇÕES VEGETAIS

O Reino *Plantae* (*Vegetalia* ou *Metaphyta*) atualmente é dividido em quatro grupos:

1. Briófitas: musgos e hepáticas.
2. Pteridófitas: samambaias, avencas, licopódios e selaginelas.
3. Gimnospermas: pinheiros, cicas e *Ginkgo biloba*.
4. Angiospermas: milho, arroz, trigo, feijão, soja e ervilha.

Esses grupos apresentam em comum: parede celular formada por **celulose**; **embriões** protegidos por tecidos originados do corpo materno; **cloroplastos** contendo as clorofilas **a** e **b**, carotenos e xantofilas; reserva constituída por **amido** e reprodução por alternância de gerações (metagênese), na qual a meiose é espórica (intermediária).

Pelo fato de produzirem **embriões**, são classificados como **embriófitos**.

Os embriófitos podem ou não desenvolver tecido condutor (vascular), daí a classificação:

• Embriófitos avasculares: representados pelas briófitas.

• Embriófitos vasculares ou traqueófitos: são incluídas as pteridófitas, gimnospermas e angiospermas.

Producem sementes apenas as gimnospermas e angiospermas, por isso recebem o nome de **espermáfitas** ou **espermatófitas**.

As únicas plantas que produzem **flores** e **frutos** são as angiospermas.

As gimnospermas produzem **estróbilos** (pinhas) e sementes. Não formam verdadeiras flores.

3. OS CICLOS REPRODUTORES

Nos vegetais, os ciclos de vida ou reprodutores são classificados baseando-se no momento da **meiose** ou **divisão reducional**.

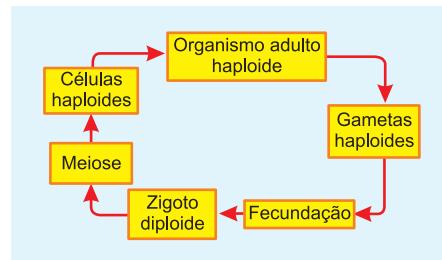
A meiose é o processo em que a partir de uma célula diploide ($2N$) obtém-se quatro células haploides (N).

A meiose é dividida em três tipos:

- Meiose inicial ou zigótica.
- Meiose final ou gamética.
- Meiose intermediária ou espórica.

□ Seres haplodiplobiontes (haplônticos – diplônticos)

São aqueles que apresentam meiose inicial ou zigótica. Algumas espécies de algas são haplobiontes. A alga possui um corpo haploide que produz gametas. Os gametas unem-se para formar a única célula diploide do ciclo, o **zigoto**. Este, durante a germinação, produz, por meiose, células haploides que darão, por mitoses consecutivas, novas algas haploides.



□ Seres diplobiontes (diplônticos)

São aqueles que apresentam meiose final ou gamética. O ciclo ocorre em algumas espécies de algas, é raro entre os vegetais, sendo típico dos animais. A alga possui um corpo diploide que produz gametas, através da meiose. Os gametas unem-se e formam o zigoto. Este,

através de mitoses consecutivas, produz uma nova alga diploide.



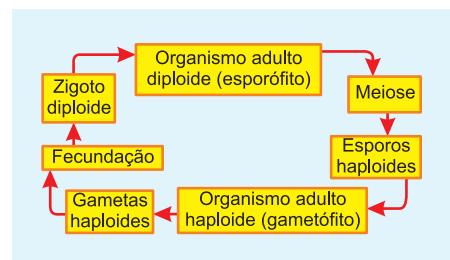
□ Seres haplodiplobiontes (haplônticos – diplônticos)

Apresentam meiose intermediária ou espórica. O ciclo é típico dos vegetais: algas, briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas. Nesse ciclo de vida, surgem **dois** organismos adultos: um diploide, chamado **esporófito** e outro haploide, chamado **gametófito**.

O esporófito, através da meiose, produz células assexuadas: **esporos**.

O gametófito, através de mitoses, produz células sexuadas, os **gametas**.

Podem-se reconhecer, no ciclo haplodiplobionte, duas fases bem distintas: uma haploide, produtora de gametas, chamada **geração gametofítica** e outra diploide, produtora de esporos, chamada **geração esporofítica**. Essas fases alternam-se entre si para completar o ciclo de vida, constituindo a **alternância de gerações** ou **metagênese**. Quando se analisa a metagênese, nos diversos grupos vegetais, reconhecerem-se diferenças quanto à duração das fases esporofítica e gametofítica e quanto à complexidade do esporófito e gametófito. Assim, entre as algas, é muito comum o aparecimento de gametófitos e esporófitos igualmente desenvolvidos.

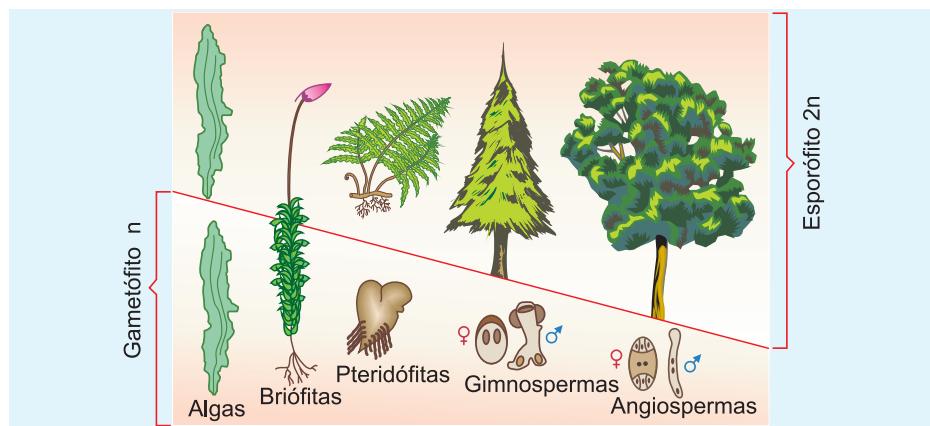


Nas briófitas, o gametófito é desenvolvido e duradouro, e o esporófito é reduzido e dependente do gametófito.

Nas pteridófitas, o gametófito é reduzido e transitório, enquanto o esporófito passa a ser vegetal desenvolvido, complexo e duradouro. Nestas plantas, ambos, gametófito e esporófito, são verdes e independentes.

Nas fanerógamas (gimnospermas e angiospermas), o esporófito é o vegetal verde, complexo, duradouro e visível, enquanto o gametófito é muito reduzido e dependente do esporófito.

A figura a seguir mostra a evolução do esporófito e a involução do gametófito, nos diversos grupos vegetais.



MÓDULO 2

Reprodução nas Criptogamas: Briófitas e Pteridófitas

1. AS CRIPTÓGAMAS (VEGETAIS INTERMEDIÁRIOS)

Os vegetais intermediários são representados por dois grupos: **briófitas** (musgos, hepáticas e antóceros) e **pteridófitas** (samambaias, avencas, selaginellas, licopódios e cavalinhos). Esses vegetais nunca produzem flores, frutos e sementes. Os órgãos reprodutores são microscópicos e representados pelos arquegônios (♀) e anterídios (♂). Por esse motivo, receberam o nome de **criptogamas** (do grego *kripton* = escondido + *gama* = casamento). São plantas que dependem da água do meio ambiente para a fecundação. Apresentam um ciclo reprodutor com nítida alternância de gerações (metagênese), no qual a meiose é intermediária ou espórica, isto é, ocorre durante a formação do esporo.

O ciclo metagenético realiza-se em duas fases: uma sexuada e outra assexuada. Na fase sexuada, o zigoto, formado da união do gameta masculino (anterozoide) com o gameta feminino (oosfera), divide-se por mitose e origina um organismo denominado **esporófito**. O esporófito, por sua vez, se reproduz assexuadamente, formando esporos (momento em que ocorre a **meiose**). Cada esporo divide-se por mitose, dando origem a um novo organismo chamado **gametófito**. É a partir da reprodução sexuada do gametófito que surgem novamente os gametas, que darão início a um novo ciclo.

Pode-se observar ainda que, na metagênese, há uma fase haploide e outra fase diploide que se alternam. Na fase diploide existe uma planta assexuada chamada **esporófito**, e, na fase haploide, uma outra planta sexuada chamada **gametófito**.

2. AS BRIÓFITAS (MUSGOS, HEPÁTICAS E ANTÓCEROS)

As briófitas mais conhecidas são os musgos e as hepáticas. São plantas muito primitivas, vivendo, na maioria das vezes, em ambientes terrestres úmidos e sombreados (plantas um-

brófilas). Poucas espécies vivem em água doce e nenhuma é marinha.

Não possuem, evidentemente, flores, frutos e sementes (Figs. 1, 2 e 3).

O corpo primitivo é desprovido de tecidos vasculares, e isso representa o fator responsável pelo tamanho reduzido que caracteriza essas plantas.

Nesses vegetais, encontra-se uma nítida alternância de gerações (metagênese), em que o **gametófito** representa o vegetal verde, complexo e duradouro (permanente), enquanto o **esporófito** é um vegetal reduzido (transitório) e dependente (parasita) do gametófito.

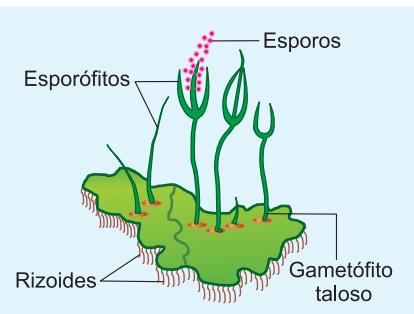


Fig. 1 – Planta do gênero *Anthoceros*.

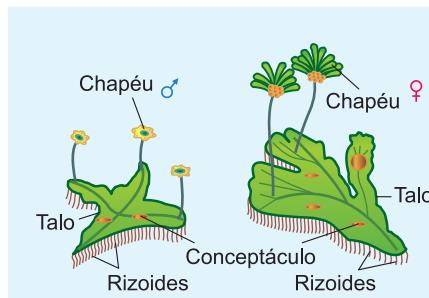


Fig. 2 – Hepática do gênero *Marchantia*.

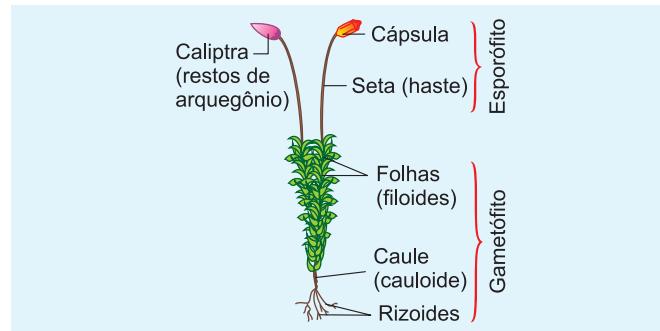


Fig. 3 – Aspecto do gametófito e do esporófito de um musgo.

Os gametófitos produzem os órgãos reprodutores representados pelos **arquegônios** e **anterídios**.

Os arquegônios são femininos, muito pequenos e apresentam a forma de uma garrafinha.

No interior do arquegônio forma-se a **oosfera** (gameta ♀). Cada arquegônio produz apenas uma oosfera.

Os anterídios são órgãos masculinos e apresentam forma de clava ou esfera. No interior dos anterídios formam-se muitas células espiraladas e providas de dois flagelos, chamadas

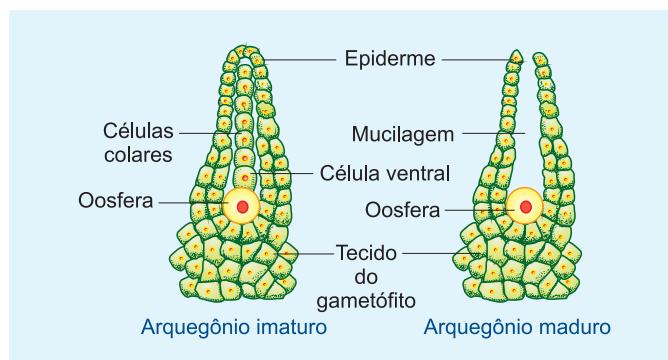
anterozoides (gametas ♂).

Para a fecundação, é indispensável a água da chuva. Os anterídios liquefazem as suas paredes e libertam os anterozoides. Estes, com o auxílio de flagelos, nadam até atingir o arquegônio. O fenômeno é conhecido por quimiotactismo. Ocorrida a fecundação, o zigoto desenvolve-se sobre o gametófito ♀, originando o esporofito. Este geralmente consta de uma haste (seta) que suporta no ápice uma região dilatada, conhecida por cápsula (esporângio).

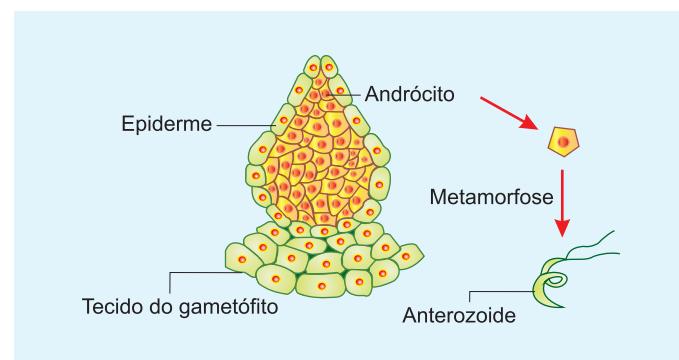
No interior da cápsula, ocorre meiose para a formação dos esporos, que são todos iguais, motivo pelo qual tais plantas são isosporadas.

Nos musgos a germinação dos esporos leva à formação de filamentos verdes, ramificados, com septos inclinados, denominados **protoneemas**. Estes formam espécies de “gemas” que crescem para a formação de gametófitos. Cada protonema é capaz de produzir muitos gametófitos.

OS ÓRGÃOS REPRODUTORES DAS CRIPTÓGAMAS (BRIÓFITAS E PTERIDÓFITAS)

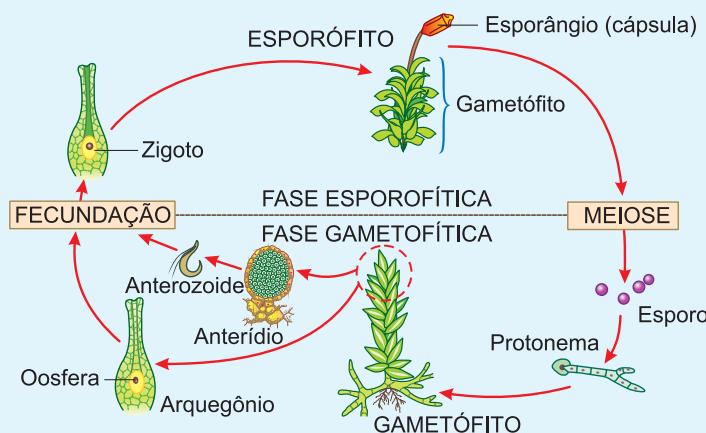


Esquema do **arquegônio**, visto ao microscópio.



Esquema do **anterídio** imaturo, visto ao microscópio.

CICLO DE VIDA DO MUSGO



Esquema do **anterídio** imaturo, visto ao microscópio.

3. REPRODUÇÃO NAS PTERIDÓFITAS

As pteridófitas são plantas pluricelulares, autótrofas, que vivem em ambientes terrestres úmidos e sombreados, sendo a Mata Atlântica o habitat da maioria das espécies. Existem algumas espécies que vivem em água doce, como as dos gêneros *Salvinia* e *Azolla*. Não existem espécies marinhas.

São plantas vasculares (traqueó-

fitas), isto é, desenvolvem tecidos especializados para o transporte de seiva bruta (lenho ou xilema) e de seiva elaborada (íber ou floema).

Apresentam meiose intermediária ou espórica e uma alternância de gerações (metagênese) muito nítida, ou seja, possuem gametófito e esporofito macroscópicos e verdes.

O esporofito é o vegetal complexo, com vida duradoura (permanente); é autótrofo e, na maioria das

vezes, possui raízes, caules e folhas. Não forma flor, fruto nem semente.

As folhas produzidas pelo esporofito recebem denominações conforme a sua função. Assim, as folhas verdes, que exercem apenas a função de fotossíntese, são chamadas **trofofilos**; as folhas férteis, que se encarregam apenas da produção de esporos, são **esporofilos**, e as folhas que exercem as duas funções são os **trofoesporofilos**.

O esporófito produz esporângios, em cujo interior ocorrem a meiose e a produção de esporos. Em relação ao esporo produzido, existem dois grupos de pteridófitas: **isosporadas** e **heterosporadas**.



Báculos de uma samambaia.
Os báculos desenrolam-se
para formar a folhagem típica.

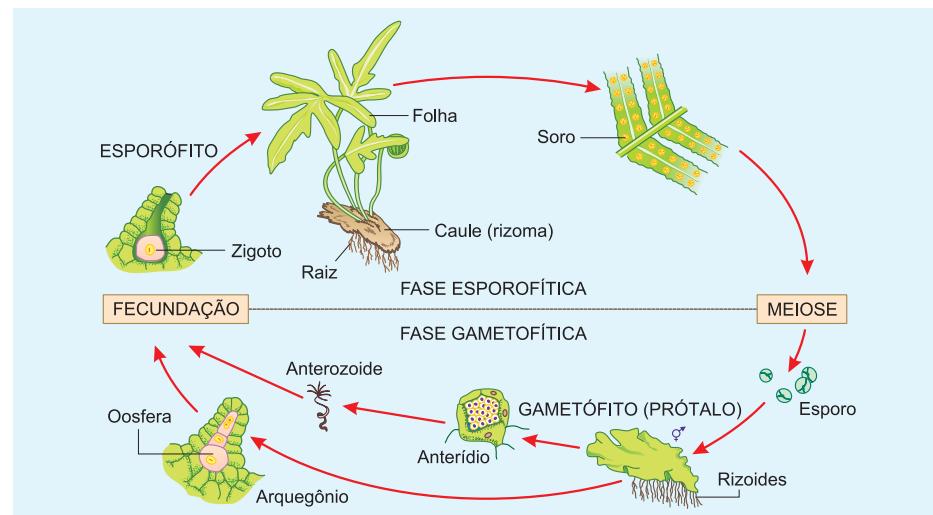
Pteridófitas isosporadas são aquelas que produzem esporos morfológicamente iguais, como as samambaias, avencas, licopódios etc.



Trofoesporofilos de samambaia.

Já as pteridófitas heterosporadas produzem dois tipos de esporos: microsporos, pequenos e numerosos, e macrosporos (megásporos), grandes e em número de quatro. Ex.: *selaginella*.

CICLO DE VIDA DE UMA PTERIDÓFITA ISOSPORADA



CICLO DE VIDA DE UMA PTERIDÓFITA ISOSPORADA

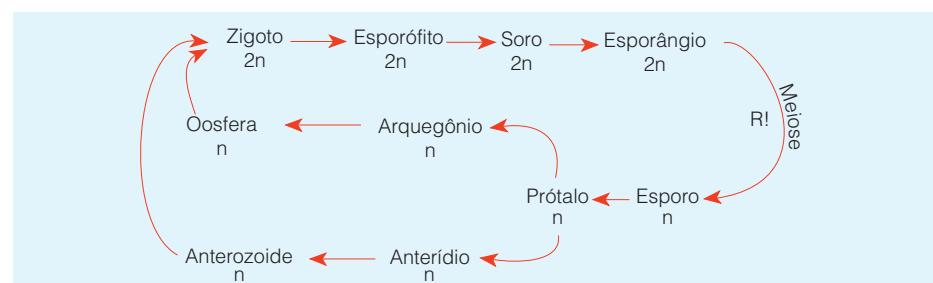


Foto ampliada da face inferior de uma folha mostrando os soros.

Quando os esporos germinam, dão origem aos gametófitos ou prótalos. O gametófito (prótilo) é um vegetal verde (autotrófico), reduzido e transitório, que aparece normalmente como uma estrutura achatada (lamina), provida de rizoides na sua face inferior. Os rizoides fixam o prótilo ao substrato, de onde retiram água e íons minerais. A face inferior do prótilo produz os órgãos reprodutores (gametângios), representados pelos arquegônios e anterídios.

Cada arquegônio produz uma oosfera e cada anterídio produz muitos anterozoides, os quais, geralmente dotados de muitos flagelos, são atraídos para o arquegônio graças a substâncias que este produz. O fenômeno é conhecido por quimiotactismo.

As pteridófitas dependem de água para a fecundação.

A reprodução sexuada é chamada de oogamia (união de gametas diferentes na forma e na função).

Quanto à classificação, as pteridófitas são divididas em quatro classes:

1) *Psilotinea (Psilopsida)*: plantas do gênero *Psilotum*.

2) *Equisetinea (Sphenopsida)*: plantas do gênero *Equisetum* (cavaliinha).

3) *Lycopodinea (Lycopsida)*: plantas dos gêneros *Lycopodium* e *Selaginella*.

4) *Filicinae (Pteropsida)*: é a classe mais numerosa e corresponde às plantas genericamente conhecidas como samambaias e avencas.

Alguns gêneros conhecidos:

- *Davallia*: renda portuguesa.
- *Dicksonia*: samambaia-açu ou xaxim.
- *Nephrolepsis*: paulistinha.
- *Platycerium*: chifre-de-veado.
- *Polypodium*: samambaia de metro.
- *Adiantum*: avenca.



Esporófito de samambaia.

1. INTRODUÇÃO

As pteridófitas heterosporadas produzem dois tipos de esporos: **micrósporos**, pequenos e numerosos, e **macrósporos** ou **megásporos**, grandes e produzidos em número de quatro. Como exemplo, citamos as plantas do gênero *Selaginella* e algumas espécies de samambaias.

2. ESTUDO DA SELAGINELLA

A *Selaginella* é uma planta geralmente rasteira com caules delgados. Em algumas espécies, as folhas minúsculas estão colocadas em espiral em torno do caule e são todas do mesmo tamanho. Em outras espécies, existem duas fileiras de folhas pequenas e duas fileiras de folhas grandes. Do caule saem rizóforos (ramos sem folhas) que se ramificam na base, formando raízes delicadas, as quais se ramificam dicotomicamente à medida que penetram no solo.

Na época da reprodução, o esporófito de *Selaginella* produz, no ápice das ramificações do caule, estruturas especiais chamadas **estróbilos**. Os estróbilos são formados por folhas férteis chamadas **esporofilos**. Os esporofilos são estruturas produtoras de esporângios, no interior dos quais ocorre meiose para a formação de esporos. Podemos distinguir dois tipos de esporofilos:

a) Microsporofilos produtores de microsporângios.

Os microsporângios produzem muitos esporos pequenos chamados micrósporos.

b) Macrosporofilos (megasporofilos) que produzem macrosporângios (megasporângios). Estes produzem apenas quatro esporos grandes chamados macrósporos (megásporos).

Na complementação do ciclo, os micrósporos desenvolvem microprótalos (gametófitos ♂), cujas células se transformam em anterozoides biflagelados.

Os macrósporos são esporos maiores (tamanho da cabeça de um alfinete). Quando germinam, produzem macroprótalos verdes, com vários arqueônios, cada um contendo uma oosfera.

Quando ocorre a fecundação, a oosfera une-se com um anterozoide e forma um zigoto. Existe a possibilidade da fecundação das várias oosferas contidas no macroprótilo, mas acaba ocorrendo apenas o crescimento e desenvolvimento de um zigoto para formar um novo esporófito.

3. A EVOLUÇÃO VEGETAL

Atualmente, os seres vivos são divididos em três **domínios**:

1. Archaea
2. Bactéria
3. Eucaria

O domínio *Archaea* possui um reino conhecido por *Archaeobactéria*. O domínio *Bactéria* possui um único reino chamado *Eubactéria*. Já o domínio *Eucaria* é subdividido em 4 Reinos, a saber: *Protista*, *Fungi*, *Plantae* (vegetalia) e *Animalia*.

O Reino *Plantae* originou-se a partir de Protistas que deram origem às algas vermelhas (*Rhodophyta*), algas pardas (*Phaeophyta*) e algas verdes (*Chlorophyta*).

A partir das algas verdes originaram-se as plantas terrestres: briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas.

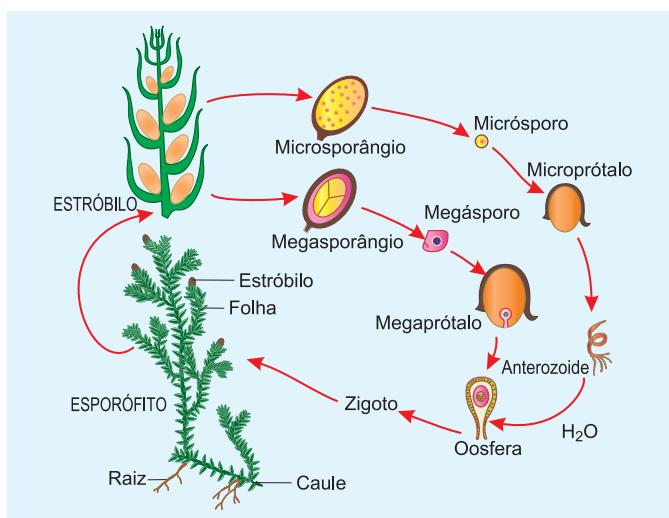
O esquema abaixo mostra as possíveis relações entre os grupos citados.

Evidências da evolução dos vegetais terrestres a partir das algas verdes

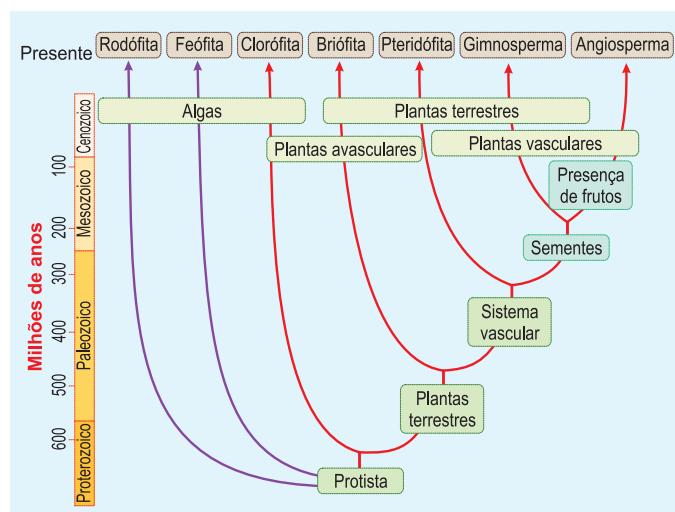
Todos os grupos (algas verdes, briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas) apresentam em comum:

- Os mesmos tipos de clorofilas (A e B);
- pigmentos carotenoides, especialmente o βeta-caroteno;
- reserva de amido;
- parede celular de natureza celulósica;
- semelhança no DNA dos cloroplastos.

CICLO DE VIDA DE UMA SELAGINELLA



EVOLUÇÃO DOS GRUPOS VEGETAIS



□ A transição para o meio terrestre

A vida originou-se no mar e a maior parte dos filos, particularmente o das algas e invertebrados, ainda são predominantemente ou exclusivamente marinhos.

A maior parte dos organismos terrestres provavelmente faz sua transição do mar para o meio aéreo através da água doce dos rios e lagos. A primeira adaptação foi, sem dúvida, à falta de sais dissolvidos na água, isto é, relacionada ao equilíbrio osmótico do corpo. Depois disso houve a passagem para o meio terrestre.

Entre as plantas, as algas verdes tiveram êxito na transição da água salgada para a doce. Atualmente, o número maior de espécies de clorofitas encontra-se na água doce e nos meios terrestres úmidos. As espécies marinhas são menos numerosas.

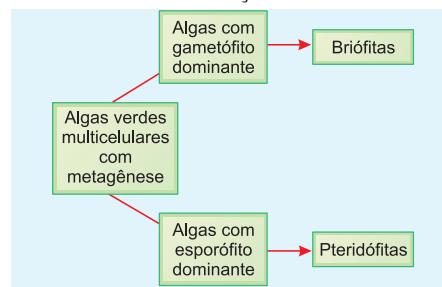
Um grupo de plantas atuais, as briófitas (musgos e hepáticas), exibem características de transição entre a água e a terra. Vivem em ambientes úmidos e sombreados pelo fato de não possuírem dois prediodos imprescindíveis ao êxito total na vida terrestre:

- sistema de transporte de nutrientes e
- dependência de água para a união dos gametas.

No meio terrestre a presença do tecido vascular é indispensável. As plantas aquáticas podem absorver através de toda a superfície do corpo, mas as terrestres só obtêm água e nutrientes do solo. Por outro lado, a

fotossíntese só pode ocorrer onde existe luz. As plantas terrestres desenvolveram raízes para a fixação e absorção no solo e folhas, portadoras de clorofila para a fotossíntese, acima do solo. Assim, para atingir um porte maior, precisam de um sistema rápido de transporte entre o solo e as folhas. Mas o meio terrestre é desseccante e os órgãos aéreos devem ser protegidos contra a evaporação excessiva da água. Isto foi conseguido com o aparecimento de uma película cerosa conhecida como **cutícula**. A cutícula impermeabiliza os órgãos aéreos, mas dificulta a realização de trocas gassosas com o meio ambiente. Foi decisiva, ao lado do aparecimento da cutícula, a formação dos **estômatos**.

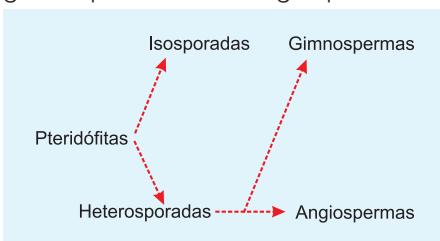
As algas verdes que deram origem aos vegetais terrestres eram multicelulares e apresentavam meios espórica, isto é, o ciclo de vida era com alternância de gerações (metagênese). A partir delas podem ter ocorrido duas situações:



□ A evolução das espermáfitas (plantas com sementes)

As pteridófitas quanto à produção de esporos são subdivididas em dois

grupos: isosporadas ou homosporadas e heterosporadas. As heterosporadas evoluíram para dar origem às gimnospermas e às angiospermas.



São considerados fatores evolutivos importantes na evolução das plantas com sementes:

- aparecimento da heterosporia (formação de micrósporos e megásporos);
- endosporia (germinação do megáspero no interior do megasporângio).

Como consequências da endosporia têm-se o surgimento da polinização, a independência da água do meio ambiente para a fecundação e a formação da semente. Todos estes fatos podem ter ocorrido em alguns grupos fósseis como o das **pteridófitas**. Nas gimnospermas, a novidade foi o aparecimento de um tegumento recobrindo e protegendo o megasporângio, dando origem ao **óvulo**.

Nas angiospermas, o megaesporofilo (folha carpelar) cresceu em torno do óvulo, dando origem ao gineceu (**ovário**), que passa a proteger o **óvulo**. Após a fecundação, o **óvulo** dá origem à semente e o **ovário**, ao **fruto**, estrutura exclusiva das angiospermas.

MÓDULO 4

Reprodução nas Gimnospermas

1. CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS GIMNOSPERMAS

São plantas terrestres de grande porte (árvores e arbustos), vasculares, que vivem de preferência em climas frios. Apresentam metagênese pouco nítida.

O **esporófito** é o vegetal verde, complexo e duradouro, organizado em raiz, caule, folha, estróbilos e sementes.

Os **gametófitos** são dioicos,

reduzidos em tamanho, tempo de vida e complexidade, e dependentes do esporófito.



Estróbilos ♂. Estróbilos ♀.



Pinheiro.

O gametófito (δ) chama-se tubo polínico ou microprótilo. Em algumas gimnospermas primitivas, os gametas (δ) ainda são os anterozoides; nas mais evoluídas, como os pinheiros, os gametas são as **células espermáticas** ou **núcleos espermáticos**.

O gametófito (φ) chama-se **saco embrionário** ou **megaprótilo** e forma-se no interior do **óvulo**. O megaprótilo produz arquegônios bastante rudimentares, no interior dos quais se encontram os gametas femininos chamados oosferas. Cada arquegônio produz apenas uma oosfera.

2. CLASSIFICAÇÃO

Há quatro classes com representantes atuais:

1º) *Cicadinae*: são dotados de um tronco não ramificado, com folhas geralmente penadas no ápice e dioicas. Exemplo: *Cycas*.

2º) *Ginkgoinae*: há um único representante atual: *Ginkgo biloba*, encontrado na China e no Japão.

3º) *Coniferae*: grupo mais importante atualmente. Exemplos: *Araucaria*, *Pinus*, *Cedrus*, *sequoia*, *Cupressus* etc.

4º) *Gnetinae*: há dois representantes: *Ephedra* e *Gnetum*.

3. REPRODUÇÃO

As gimnospermas produzem estróbilos e sementes, mas nunca produzem frutos.

■ Estróbilos

Os estróbilos reúnem-se, forman-

do estruturas compactas denominadas esporofilos, cones ou pinhas. Esses estróbilos são unisexuados: há os cones δ e os cones φ .

■ Estróbilo δ

O estróbilo masculino é formado por um eixo, em torno do qual se inserem os microesporofilos produtores de microesporângios (sacos polínicos), em cujo interior encontramos os grãos de pólen (micrósporos). O grão de pólen é pluricelular: tem duas membranas (exina e intina). A exina forma expansões cheias de ar (sacos aéreos, em cujo interior encontramos a célula geratriz, a célula vegetativa e as células acessórias).

■ Estróbilo φ

O estróbilo feminino também é formado por um eixo, em torno do qual se inserem os megasporofilos (folhas carpelares), responsáveis pela produção de óvulos em número variável.

■ Estrutura do óvulo

O óvulo é revestido por um único integumento. Abaixo da micrópila situa-se a câmara polínica, destinada a receber os grãos de pólen.

O integumento reveste o nucelo (megasporângio). Uma célula do nucelo sofre meiose, dando origem a quatro células haploides, das quais três degeneram. A célula que persiste (megáspero) divide-se por mitose e acaba por formar o megaprótilo (gametófito φ), que, por sua vez, dá origem a ar-

quegônios muito rudimentares, dentro dos quais aparecem oosferas.

■ Polinização

A polinização é feita pelo vento (anemofilia). O grão de pólen é transportado até a câmara polínica, onde germina.

■ Formação do tubo polínico

As células acessórias envolvem as células do grão de pólen e formam a parede do tubo polínico. A célula geratriz divide-se, formando dois núcleos espermáticos (gametas masculinos).

■ Fecundação

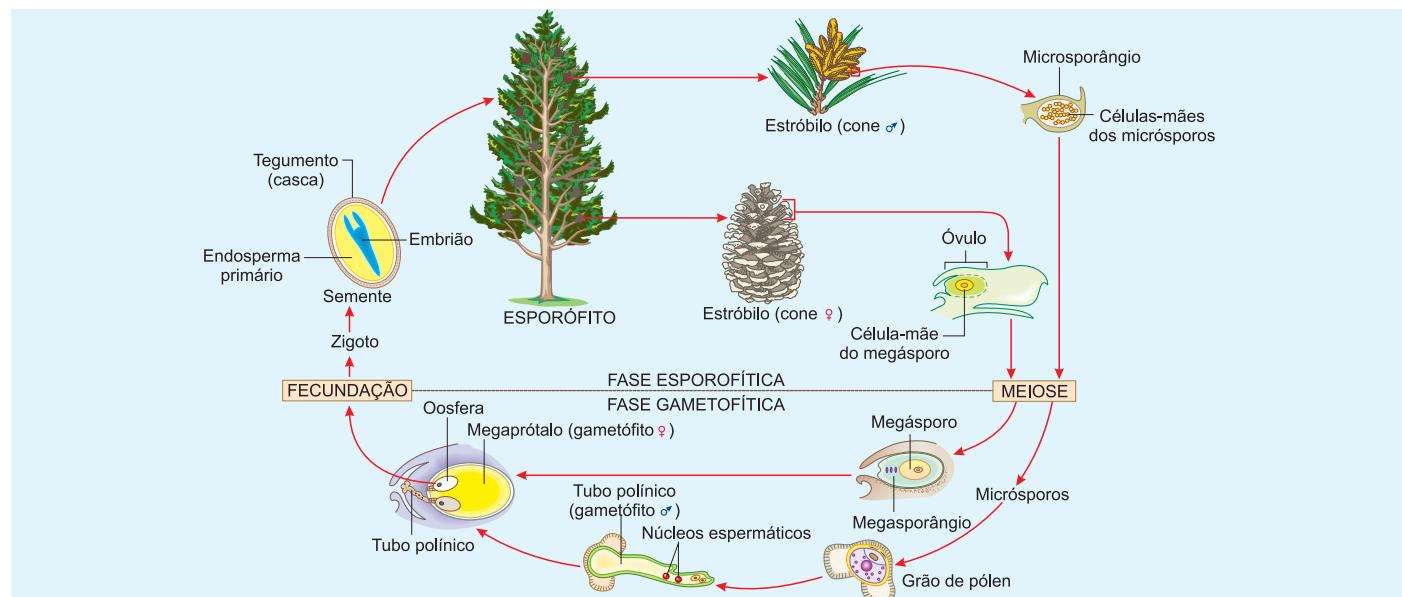
A presença de várias oosferas no óvulo permite a fecundação por vários núcleos espermáticos de vários tubos polínicos, formando vários zigotos; contudo, apenas um embrião se desenvolve. Nas gimnospermas é frequente a poliembrionia, mas, dos vários embriões formados, apenas um se desenvolve.

Após a fecundação, o tecido do megaprótilo (N) forma o **endosperma primário**, tecido cuja função é acumular reserva. Essas plantas não dependem de água do meio ambiente para a fecundação.

O embrião das gimnospermas tem muitos cotilédones.

O óvulo fecundado evolui e forma a semente, **mas não forma fruto**; daí a designação que estas plantas recebem: gimnosperma = semente nua.

CICLO DE VIDA DO PINHEIRO



1. CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS ANGIOSPERMAS

As angiospermas são as plantas mais adaptadas aos ambientes terrestres. São encontradas nos mais variados lugares: desde os muito úmidos até os desérticos. Poucas são as espécies que vivem em água doce.

Existem raríssimas espécies marinhas. Podem ser ervas, arbustos ou árvores.

A maioria apresenta nutrição autótrofa fotossintetizante, mas existem algumas espécies holoparasitas, como o cipó-chumbo, que não possuem clorofila e não realizam fotossíntese. Estes vegetais retiram a seiva elaborada de outro vegetal hospedeiro.

Muitas espécies são epífitas, isto é, vivem apoiadas sobre ramos de outros vegetais, com a única finalidade de obter maior luminosidade. Existem muitas espécies de orquídeas e bromélias epífitas.

Quanto ao ciclo reprodutor, as angiospermas apresentam meiose intermediária ou espórica e uma alternância de gerações pouco nítida.

A planta que vemos crescer na natureza é o **esporófito**, organizado em raiz, caule e folhas e produtor de flores, frutos e sementes. Estes vegetais são os únicos que formam **frutos**.

Os **gametófitos** são dioicos, extremamente reduzidos e dependentes do esporófito. Na verdade, crescem no interior da flor.

O gametófito feminino é o **saco embrionário** (megaprótalo) contido no óvulo. Não forma arquegônio e possui uma única **oosfera** (gameta ♀).

O gametófito masculino é o **tubo polínico** (microprótalo), no interior do qual se formam dois **núcleos espermáticos** (**gaméticos**), que representam os gametas ♂.

Não dependem de água para a fecundação.

As angiospermas são divididas em dois grupos: **monocotiledôneas** e **dicotiledôneas**. Estes dois grupos podem ser reconhecidos por uma série de características, dentre as quais: número de cotilédones, or-

ganização da flor, estrutura da raiz e caule, tipo de nervação da folha etc.

Dicotiledôneas:

- Sementes com 2 cotilédones no embrião.
- Folhas com nervuras ramificadas.
- Feixes liberolênhosos do caule ordenados.
- Flores pentâmeras ou tetrâmeras.
- Raízes axiais ou pivotantes.

Monocotiledôneas:

- Sementes com 1 cotilédone no embrião.
- Folhas com nervuras paralelas.
- Feixes liberolênhosos do caule difusos.
- Flores trimeras.
- Raízes fasciculadas ou cabeleiras.

Flor

A flor é um conjunto de folhas modificadas para a função de reprodução.

Uma flor completa é composta por pedúnculo floral, sépalas, pétalas, estames e carpelos. Sépalas e pétalas formam o perianto ou verticilos de proteção. Estames e carpelos constituem os verticilos de reprodução.

Sépalas são folhas geralmente verdes. O conjunto de sépalas forma o **cálice** da flor.

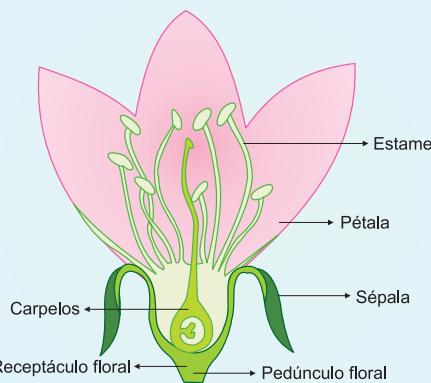
Pétalas são folhas coloridas geralmente diferentes do verde. Ao conjunto de pétalas chama-se **corola**.

Estames ou **microsporofilos** formam o aparelho reprodutor masculino. **Androceu** é o conjunto de estames.

Carpelos, folhas carpelares, pistilos ou **megaesporofilos** formam o aparelho reprodutor feminino. O conjunto de carpelos forma o **gineceu**.

Perigônio: quando os elementos do cálice ficam iguais ao da corola, quanto à forma e cor. Cada elemento floral do perigônio chama-se **tépala**.

Bráctea: folha modificada para a proteção da flor ou da inflorescência. Ex.: **palha** da espiga do milho.



Organização da flor.

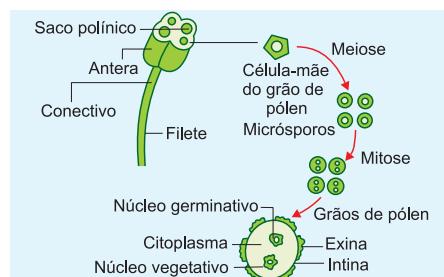
A tabela abaixo mostra as diferenças existentes entre monocotiledôneas e dicotiledôneas.

MONOCOTILEDÔNEAS	DICOTILEDÔNEAS
Sementes com 1 cotilédone	Sementes com 2 cotilédones
Folhas com nervuras paralelas (paralelinérveas)	Folhas com nervuras ramificadas (reticulinérveas)
Feixes liberolênhosos do caule difusos	Feixes liberolênhosos do caule ordenados
Flores trimeras	Flores pentâmeras ou tetrâmeras
Frutos com três carpelos	Frutos com cinco carpelos
Raízes fasciculadas ou cabeleiras AUSÊNCIA DE CÂMBIO	Raízes axiais ou pivotantes PRESENÇA DE CÂMBIO

1. ANDROCEU

Representa o aparelho reprodutor masculino. É constituído por um conjunto de unidades chamadas estames. O estame é dividido em três partes: **antera**, **filete** e **conectivo**.

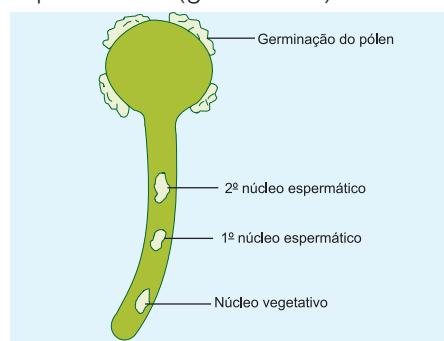
A antera é a parte fértil na qual, por meiose, ocorre a formação dos grãos de pólen. A antera apresenta em seu interior quatro maciços celulares chamados sacos polínicos. Cada célula do saco polínico é chamada célula-mãe; divide-se por meiose para dar origem a quatro células haploides chamadas micrósporos. O núcleo de cada micrósporo divide-se por mitose e dá origem a dois núcleos haploides, contidos em um único citoplasma. Cada célula desta, binucleada, chama-se **grão de pólen** ou simplesmente **pólen**. O grão de pólen é constituído por uma membrana externa designada exina, uma membrana interna chamada intina e um citoplasma, dentro do qual aparecem dois núcleos, um vegetativo e outro germinativo ou reprodutor.



Formação do grão de pólen.

Quando o grão de pólen germina, origina o tubo polínico (microprótilo ou gametófito ♂).

O núcleo germinativo divide-se por mitose e origina os dois núcleos espermáticos (gametas ♂).



Estrutura do tubo polínico.

2. POLINIZAÇÃO

Polinização é o processo de transporte do pólen desde a antera, onde foi produzido, até o estigma do gineceu. Pode ser **direta** ou **autopolinização**, e **indireta** ou **cruzada**.

3. POLINIZAÇÃO DIRETA OU AUTOPOLINIZAÇÃO

O grão de pólen cai no estigma da própria flor. Este fenômeno ocorre de preferência em flores cleistogâmicas (fechadas), como, por exemplo, a ervilha. A autopolinização leva à autofecundação que, por sua vez, leva ao aparecimento de descendência homozigota.

Os indivíduos mais adaptados para sobreviver são, no entanto, os heterozigotos, obtidos por fecundação cruzada. Por este motivo, as plantas desenvolvem vários mecanismos que evitam a autofecundação. São eles:

□ Dicogamia

Consiste no amadurecimento dos órgãos reprodutores em épocas diferentes. A dicogamia pode ser de dois tipos:

• **Protandria**: quando amadurecem primeiramente os órgãos masculinos e, posteriormente, os órgãos femininos.

• **Protoginia**: quando amadurecem primeiramente os órgãos femininos e, posteriormente, os órgãos masculinos.

□ Dioicia

É o aparecimento de indivíduos com sexos separados: uma planta masculina e outra feminina.

□ Hercogamia

Ocorre uma barreira física que separa o androceu do gineceu.

□ Heterostilia

É a existência, nas flores, de estames com filetes curtos e estiletes longos.

□ Autoesterilidade

Neste caso, a flor é estéril em relação ao pólen que ela mesma produz.

4. POLINIZAÇÃO INDIRETA OU CRUZADA

O grão de pólen é transportado da antera de uma flor até o estigma de uma outra flor, podendo, esta última, estar na mesma planta ou em outra planta. Quando a polinização é feita em outra planta, há verdadeira polinização cruzada. A polinização cruzada leva à fecundação cruzada e, consequentemente, à produção de descendência heterozigota (híbrida).

Os agentes polinizadores das angiospermas são variados:



A flor de hibisco é polinizada por insetos e beija-flores.

□ Entomofilia

É o tipo mais importante de polinização e realiza-se por meio de insetos. As flores são perfumadas e exibem corolas ou brácteas coloridas e atraentes aos insetos. Elas possuem espécies de glândulas chamadas nectários, que servem para produzir uma solução adocicada chamada néctar, um alimento para o inseto.



Abelha polinizando uma flor de composta.



Borboleta polinizando flor de composta.

□ Ornitofilia

É a polinização realizada por pássaros, como os beija-flores. Estes animais são atraídos para as flores co-

loridas, geralmente tubulosas e produtoras de néctar.



Beija-flor realizando polinização.

□ Anemofilia

É o tipo de polinização que se realiza pelo vento. As flores são desprovidas de cálice e corola (aperiantadas), possuem numerosos estames, grande quantidade de pólen seco, pulverulento, que flutua facilmente no ar. O estigma do gineceu é amplo e às vezes plumoso.



O milho é polinizado pelo vento.

□ Quiropterofilia

É a polinização feita por morcegos. As flores são grandes, abrem-se à noite e são perfumadas.



Os morcegos podem se alimentar de néctar e de frutos, entre outros tipos de alimentação.

□ Hidrofilia

É a polinização realizada pela água. Trata-se de um fenômeno raro.

MÓDULO 7

Gineceu e Fecundação

1. GINECEU

O gineceu é formado por folhas carpelares, carpelos ou pistilos.

O gineceu é dividido em três partes: estigma, estilete e ovário.

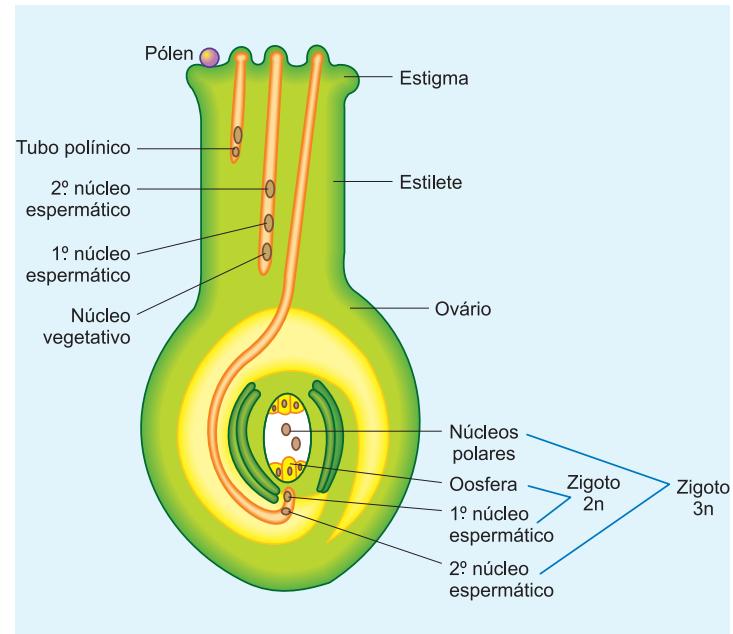
O estigma é a parte superior do gineceu, que aparece dilatada e rica em glândulas produtoras de uma substância viscosa. Esta substância torna o estigma receptivo e permite aderência do pólen. É ainda sobre o estigma que ocorre germinação do pólen e a consequente formação do tubo polínico.

O estilete é um tubo longo que serve de substrato para o crescimento do tubo polínico.

O ovário é a porção basal, dilatada e oca, onde crescem os óvulos. No interior do ovário, pode-se formar um, dezenas ou às vezes centenas de óvulos.

O óvulo é uma estrutura complexa dentro da qual será formada a oosfera (gameta ♀). Apresenta dois integumentos protetores chamados **primina** e **secundina**. Esses integumentos não se fecham, deixando entre eles um poro chamado **micrópila**.

No interior dos integumentos, existe o **megaesporângio**, que possui uma célula volumosa chamada **célula-mãe** do **megáspero**. Esta célula divide-se por meiose para formar quatro megásperos, dos quais três são pequenos e logo degeneram e o que resta é o **megáspero** fértil. O megáspero germina quando seu núcleo se divide por mitoses. São três mitoses consecutivas, que levam à formação de oito células, as quais vão organizar o **saco embrionário** (gametófito ♀). O saco embrionário possui uma célula



Crescimento do tubo polínico e fecundação.

chamada **oosfera** (gameta ♀), ladeada por duas células chamadas **sinérgides**. No lado oposto à oosfera, existem três células denominadas **antípodas** e, no centro do saco embrionário, existe um citoplasma provido de dois núcleos chamados

núcleos polares. O saco embrionário fica revestido e protegido pela parede do megAESPORÂNGIO, chamada agora **nucelo**.

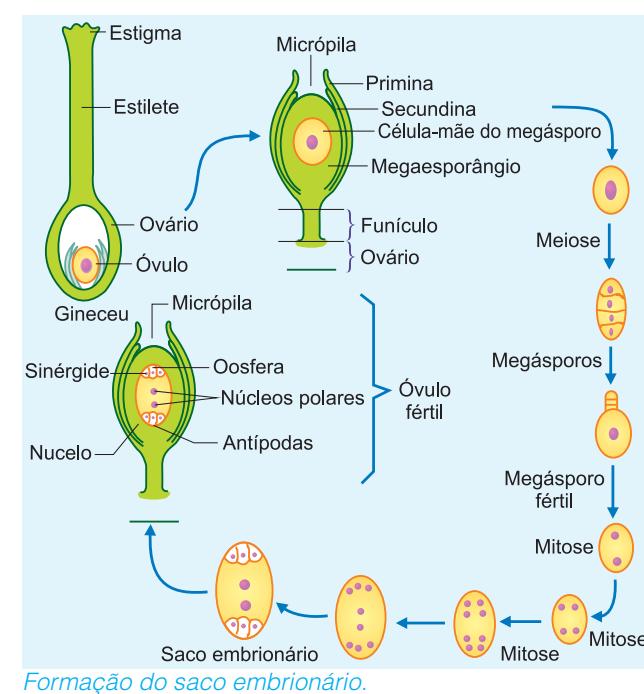
2. FECUNDAÇÃO

Quando o grão de pólen cai no estigma de uma flor,

ocorre a sua germinação: o grão de pólen hidrata-se, rompe-se a exina e projeta-se a intina, formando o tubo polínico. Uma vez formado o tubo polínico, inicia-se seu crescimento ao longo do estilete (quimiotropismo). O núcleo germinativo divide-se por mitose e forma os dois núcleos espermáticos ou gaméticos. O tubo polínico alcança o ovário, penetra no óvulo através da micrópila e ocorre uma dupla fecundação: 1º núcleo espermático + oosfera → zigoto (2n); 2º núcleo espermático + 2 núcleos polares → zigoto (3n).

Uma vez ocorrida a fecundação, há murchamento e queda das pétalas, sépalas e estames. O óvulo fecundado desenvolve-se e forma a semente. No interior do óvulo, o zigoto 3n divide-se por mitose e forma um tecido de reserva chamado endosperma secundário ou albúmen. Após a formação do endosperma, o zigoto 2n divide-se por mitose e forma o embrião.

A semente, agora em desenvolvimento, produz AIA e giberelinas, que promovem o desenvolvimento do ovário para a formação do fruto.



MÓDULO 8

Fruto e Semente

1. FRUTO

O fruto é o ovário fecundado e desenvolvido. Apresenta-se constituído por três paredes: **epicárp**, **mesocárp** e **endocárp**. Ao conjunto das três paredes dá-se o nome de **pericárp**.

O pericárp pode ou não acumular substâncias de reserva (frutos carnosos ou secos).

O pericárp às vezes se abre para liberação de sementes (frutos deiscentes) ou não se abre, encerrando no seu interior as sementes (frutos indeiscentes).

Os frutos protegem as sementes e estão relacionados com o fenômeno da disseminação (dispersão das sementes). Os frutos carnosos se tornam atraentes quando maduros. Os animais alimentam-se de suas reservas e espalham as sementes, garantindo a dispersão da espécie. Os frutos secos providos de ganchos ou espinhos aderem ao corpo dos animais. Aqueles providos de pelos e expansões aladas são dispersos pelo vento.

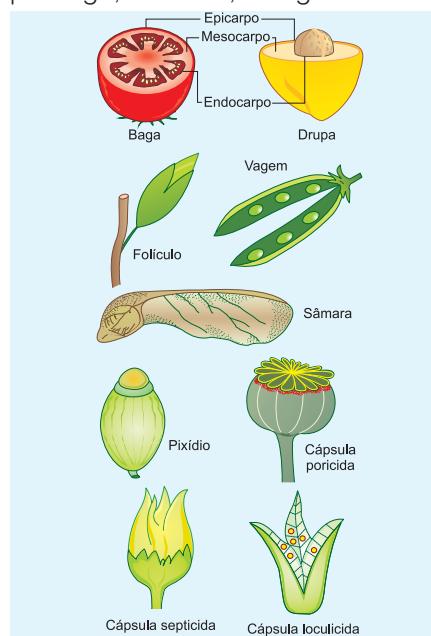
2. TIPOS DE FRUTOS

Frutos carnosos

Baga – apresenta o mesocárp ou endocárp carnosos e o epicárp formando pelícias. Geralmente con-

tém muitas sementes. Ex.: mamão, goiaba, uva, tomate, abóbora, pepino, pimentão.

Drupa – apresenta mesocárp carnoso e endocárp duro, formando o caroço, no interior do qual se encontra uma semente. Ex.: ameixa, pêssego, azeitona, manga.



Frutos secos

Deiscentes:

- Folículo = esporinha
- Cápsula septicida = fumo

- Cápsula loculicida = algodão
- Cápsula poricida = papoula
- Pixídio = eucalipto, sapucaia
- Vagem = feijão, ervilha

Indeiscentes:

- Aquênia = girassol, erva-doce
- Cariopse = milho, arroz e trigo
- Sâmara = tipuana, pau-d'alho, guapuruvu

Pseudofruto simples

É aquele em que a parte que se desenvolve e se torna comestível não é o ovário, mas sim outra parte da flor. Assim, temos:

Caju – a parte suculenta é o pedúnculo floral e o fruto verdadeiro é a **castanha-de-caju** (aquênia).

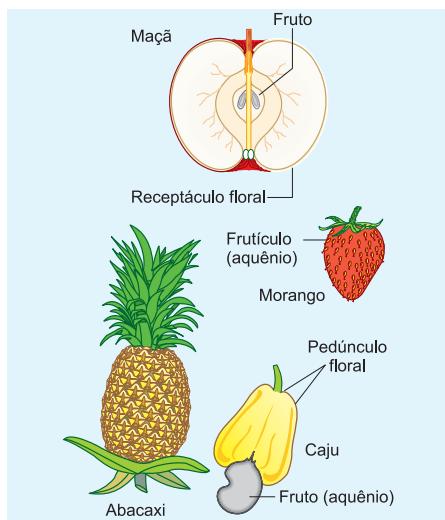
Maçã, pera, marmelo – a parte comestível é o receptáculo floral que envolve o fruto verdadeiro.

Pseudofruto múltiplo

Morango – existe um único receptáculo desenvolvido, no qual encontramos grande número de frutículos.

Pseudofruto composto ou infrutescência

Origina-se do desenvolvimento de uma inflorescência, como é o caso do **abacaxi**, da **espiga de milho**, do **figo** etc.



3. SEMENTE

A semente aparece organizada em **tegumento ou casca**, que é formada pela testa e pelo tégmen, com função de proteção e disseminação, e **amêndoas**, que é composta do endosperma secundário e do embrião.

4. ENDOSPERMA SECUNDÁRIO OU ALBÚMEN

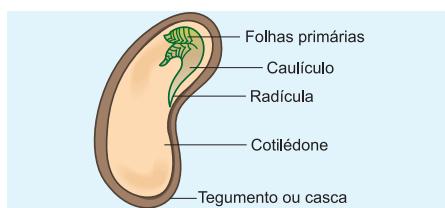
É um tecido de reserva utilizado na formação do embrião. As sementes maduras podem apresentá-lo ou não.

Assim, as gramíneas (milho, arroz, trigo etc.) e as sementes de mamona apresentam o endosperma, enquanto as sementes de feijão, ervilha e soja não possuem este tecido, e a reserva fica contida nos cotilédones.

5. EMBRIÃO

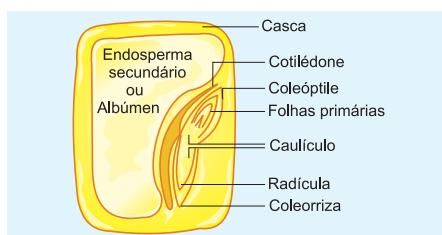
É constituído por um eixo dividido em duas partes: radícula e caulículo. O caulículo divide-se em duas porções: hipocótilo e epicótilo, baseando-se na inserção dos cotilédones. No ápice do caulículo, existe uma gema apical chamada gêmula ou plúmula.

Nas monocotiledôneas, só existe um cotilédone (escutelo), que atua na digestão e absorção do endosperma. Já nas dicotiledôneas existem normalmente dois cotilédones, cheios de substância de reserva.



Semente de feijão.

Nas gramíneas, o epicótilo é recoberto e protegido por uma espécie de capuz chamado coleóptile. O coleóptile é considerado uma folha modificada para a proteção do caulículo.



Grão de milho.

6. A GERMINAÇÃO DA SEMENTE

A semente madura, quando libertada pela planta, geralmente possui um **embrião** em estado de dormência, isto é, metabolicamente inativo, capaz de suportar condições adversas do meio ambiente, além de uma quantidade razoável de **reserva**. A quantidade de reserva é bastante variável. Assim, em sementes de alface, muito pequenas, as reservas são suficientes para manter o crescimento do embrião durante alguns dias. Nas sementes de ervilha, que são maiores, as reservas são suficientes para várias semanas e, num caso extremo, como o do coco-da-baía, a plântula, num período de 15 meses, só consome metade das reservas acumuladas.

As reservas das sementes são constituídas por **lípidos**, principalmente óleos, uma vez que estes for-

necem grandes quantidades de energia, por unidade de peso. Além de lípidos, possuem **proteínas, carboidratos** e componentes do citoplasma, como **ácidos nucleicos, vitaminas, coenzimas, enzimas** e **sais minerais**. A predominância dessas substâncias varia de semente para semente.

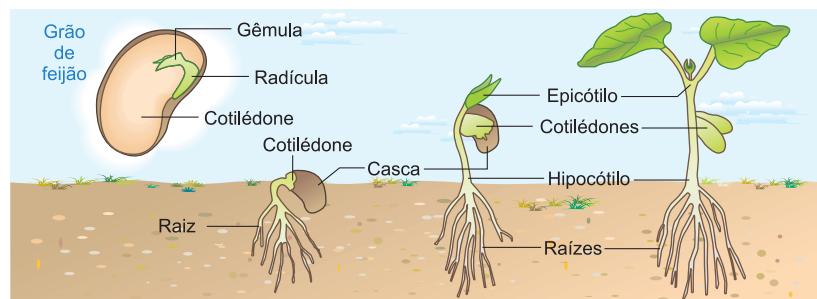
O teor em **água** das sementes é muito baixo, em torno de **5% a 20%** do peso fresco. (Os tecidos ativos vegetais normalmente possuem de 80% a 95% de água). Em razão do baixo teor hídrico, o metabolismo das sementes é muito baixo.

Durante a germinação, o primeiro fenômeno que ocorre é a **absorção de água**, que envolve tanto **embebição** como **osmose**.

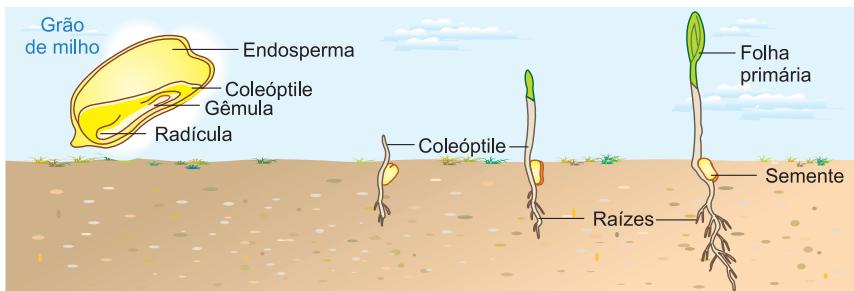
As enzimas, presentes na semente, agora hidratada, promovem a hidrólise das reservas insolúveis. Assim sendo, o amido é hidrolisado até a formação de glicose. A glicose é utilizada na respiração da plântula que inicia o seu crescimento.

As outras substâncias também hidrolisadas são utilizadas na respiração celular e nas regiões de crescimento da plântula. Os tecidos de reserva são gastos e desaparecem, como o endosperma; outros morrem e secam, como acontece com os cotilédones.

A temperatura é um fator decisivo na germinação das sementes, assim como o teor de oxigênio do meio ambiente.



Fases da germinação da semente de feijão (dicotiledônea).



Fases da germinação da semente de milho (monocotiledônea).

Uma célula vegetal é muito semelhante à animal, mas algumas estruturas são encontradas exclusivamente em vegetais, entre elas:

- parede celulósica (membrana celulósica);
- plastos (plastídeos).

1. PAREDE CELULÓSICA

É uma membrana que envolve e protege o protoplasma (matéria viva da célula). É uma parede **morta, resistente** à tensão e à decomposição, dotada de certa **elasticidade** e **permeável**.

Os principais componentes desta parede são os polissacarídeos – $(C_6H_{10}O_5)_n$ –, sendo a **celulose** o mais importante. Outras substâncias podem estar presentes, como a **suberina**, a **cutina** e a **lignina**.

As paredes celulósicas de células vizinhas são unidas entre si pela **lamela média** composta de **pectatinos de cálcio e magnésio** e formada na **telofase** da divisão celular.

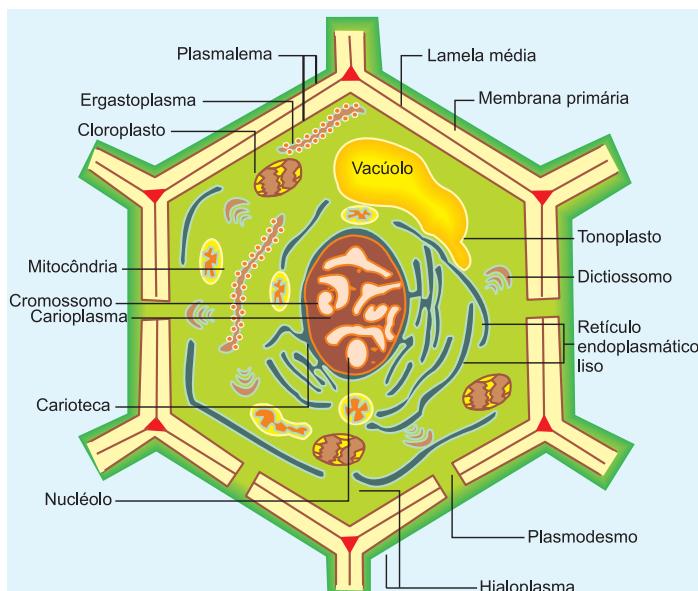
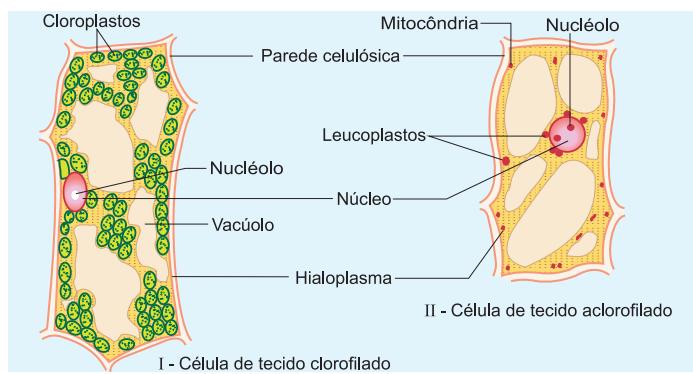
A parede celulósica apresenta poros, atravessados por pontes citoplasmáticas, os **plasmodesmos**, que permitem as trocas de substâncias entre as células.

2. PLASTOS OU PLASTÍDEOS

São organoides citoplasmáticos exclusivos de vegetais. Originam-se por divisões de outros plastos preexistentes e são classificados em **cromoplastos** e **leucoplastos**.

- Os **cromoplastos** são providos de pigmentos e classificados em: **cloroplastos**, ricos em clorofitas; **xantoplastos**, quando possuem xantofitas (amarelos); **eritoplastos** com carotenos (alaranjados ou vermelhos).

- Os **leucoplastos** não possuem pigmentos e relacionam-se com o armazenamento de várias substâncias, entre elas o **amido**, principal reserva dos vegetais. Estes plastos são chamados **amiloplastos** ou **grãos de amido**.



Esquema de uma célula vegetal ideal vista ao microscópio eletrônico.

3. VACÚOLOS

São grandes cavidades encontradas no interior das células, originadas do retículo endoplasmático. São delimitados por membranas, denominadas **tonoplastos**, e contêm soluções, com concentrações variadas, de várias substâncias, entre elas açúcares e sais minerais. Os vacúolos têm função de **reserva e regulação osmótica** (controlam a entrada e saída de água da célula).

1. FOLHA – ÓRGÃO DA FOTOSÍNTSE

A folha é o órgão da planta adaptado para a função de fotossíntese, isto é, a produção de matéria orgânica a partir de inorgânicas (CO_2 e H_2O), utilizando energia luminosa. Para tanto, a folha apresenta grande superfície para aumentar a captação de luz e pequena espessura para

permitir a passagem da luz.

Na estrutura da folha, observam-se:

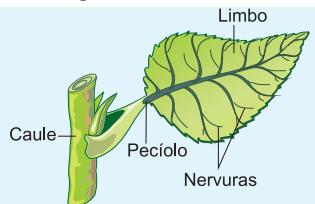
- **Epiderme** com **estômatos**, para a realização de todas as trocas gasosas, e **cutícula**, película impermeável que impede a excessiva perda de água por transpiração.

- **Tecidos vasculares: xilema** (lenho), que chega à folha conduzindo água e minerais absorvidos

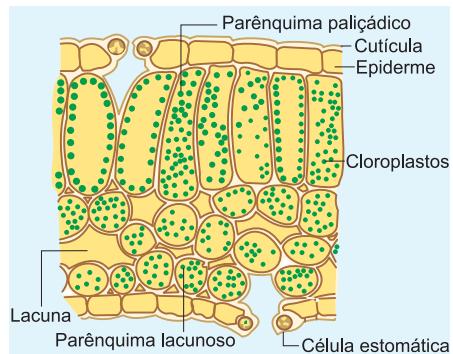
do solo, e **floema** (líber), que transporta os açúcares, produzidos na fotossíntese, para outras partes do corpo da planta. Esses tecidos vasculares formam as nervuras da folha.

- **Parênquimas clorofílicos (paliçádico e lacunoso)**, cujas células são ricas em **cloroplastos**, onde se realizam todos os fenômenos da fotossíntese.

Morfologia da folha:



Anatomia da folha:

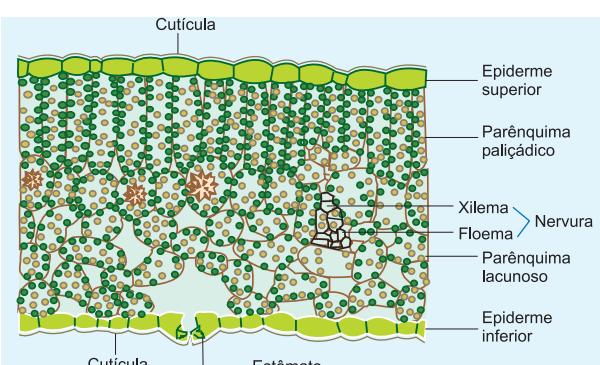


Corte transversal da folha.

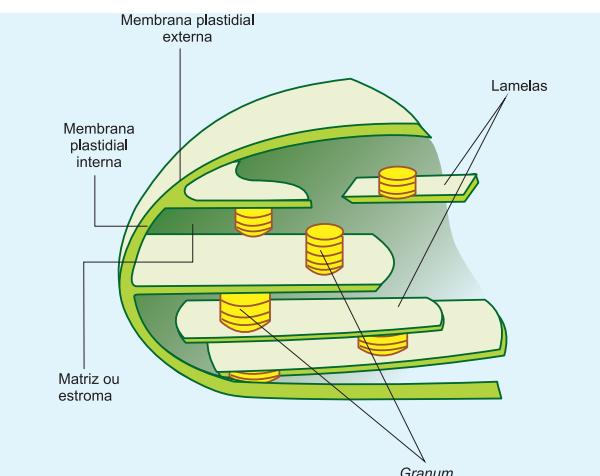
□ Cloroplastos

São plastos verdes, em razão da presença das clorofilas. Neles, realizam-se todas as etapas da fotossíntese.

A fotossíntese é a transformação da energia luminosa em energia química.

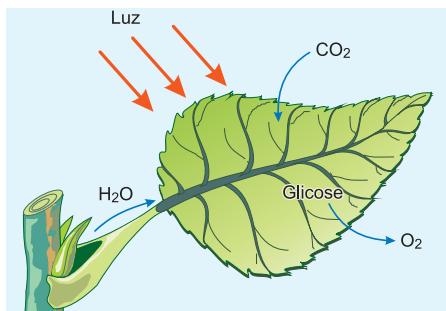
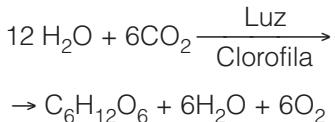


Corte transversal da folha vista ao microscópio óptico.



Esquema mostrando a ultraestrutura de um cloroplasto ao microscópio eletrônico.

mica que pode ser expressa pela reação:



Fenômeno da fotossíntese.

Estrutura do cloroplasto

Ao microscópio eletrônico, o cloroplasto mostra a seguinte organização:

- Membrana plastidial externa

Membrana que reveste externamente o plasto, contínua e de composição química lipoproteica.

- Membrana plastidial interna

Membrana situada abaixo da plastidial externa, de composição química lipoproteica.

- Estroma ou matriz

Região amorfã do cloroplasto formada principalmente por proteínas, na qual foi observada a presença de ácidos nucleicos (DNA e RNA) e de ribossomos e grânulos de amido.

- Lamelas

Membranas duplas, lipoproteicas, que dividem a matriz e se originam por invaginações da membrana plastidial interna.

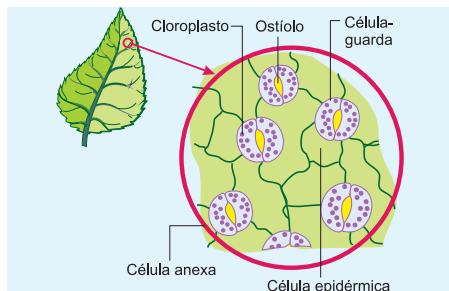
- Granum

Formado por pilhas de tilacoides. Cada tilacoide é uma unidade discoidal e achataada, no interior da qual se encontra a pigmentação do plasto: clorofilas A e B, carotenos e xantofilas.

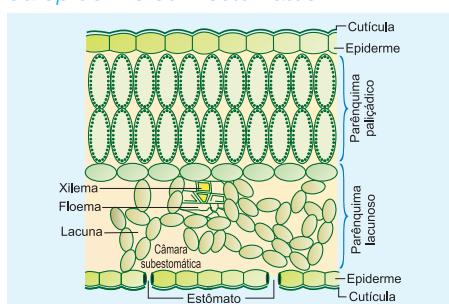
□ Estômatos

São estruturas encontradas na epiderme dos órgãos aéreos das plantas. O maior número de estômatos aparece nas folhas, mas também são encontrados nos caules, flores e frutos.

Em relação à localização dos estômatos, as folhas podem ser classificadas em três tipos: epiestomáticas, hipoestomáticas e aniestomáticas. As folhas mais comuns são aquelas que apresentam estômatos nas duas epidermes (aniestomáticas).



Vista frontal da epiderme com estômatos.



Corte transversal da folha com estômatos.

- Estrutura

O estômato é constituído por duas **células-guarda** ou **células estomáticas**, que delimitam entre elas uma fenda chamada **ostíolo**. Ao lado das células estomáticas, aparecem duas ou mais células conhecidas por **anexas**, **companheiras** ou **subsidiárias**. As células-guarda são providas de cloroplastos e a parede voltada para o ostíolo apresenta um forte espessamento, enquanto a parede oposta é delgada.

O ostíolo abre-se, no interior da folha, numa grande cavidade denominada **câmara subestomática**.

- Função

Os estômatos controlam todas as trocas gasosas que ocorrem entre o vegetal e o meio ambiente. Através deles ocorrem a perda de **água no estado de vapor**, fenômeno denominado **transpiração**, e a entrada e saída de CO_2 (dióxido de carbono) e O_2 (oxigênio).