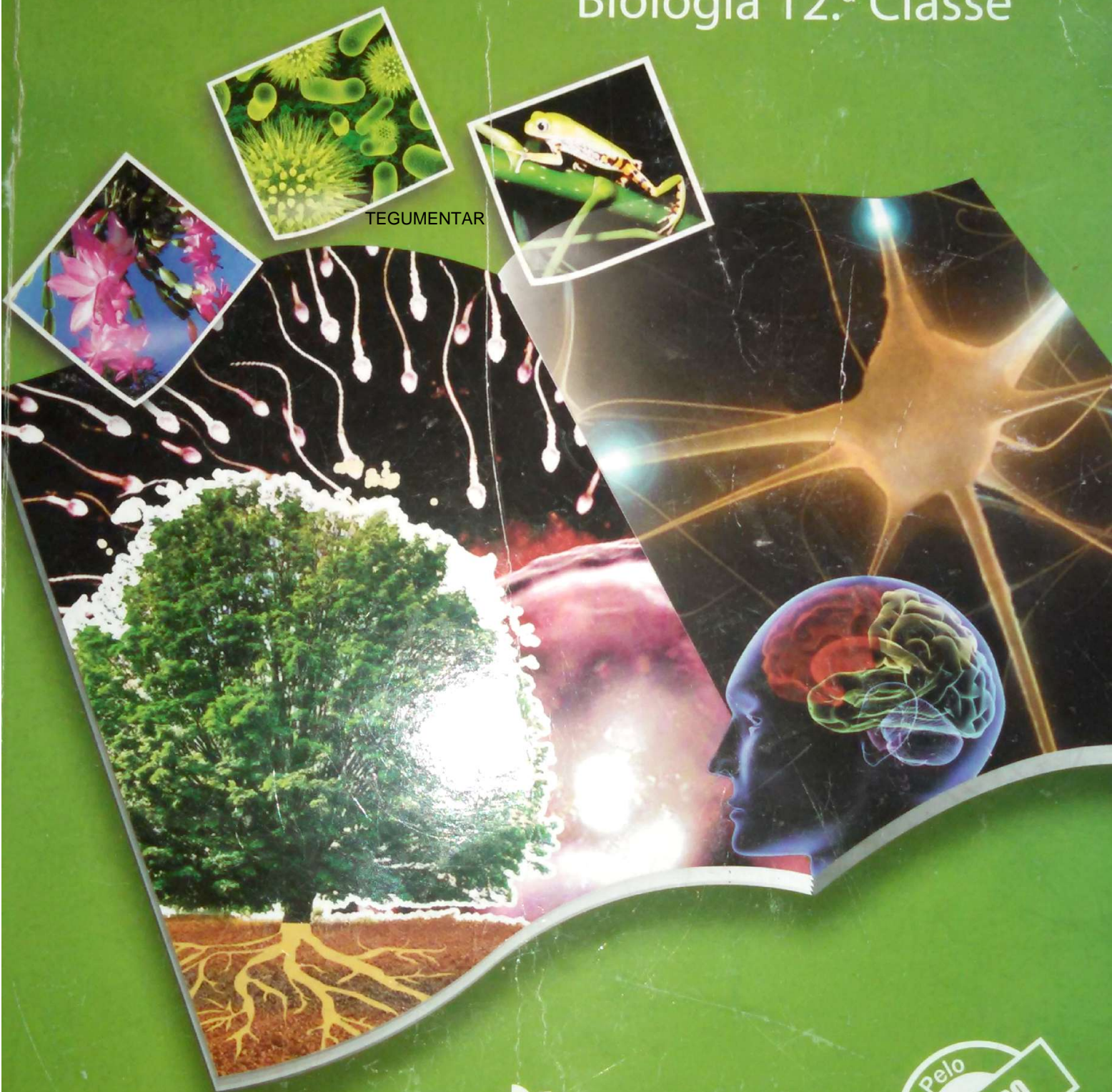


Susann Müller

# B12

Biologia 12.<sup>a</sup> Classe



TEGUMENTAR



Texto Editores





# f i c h a t é c n i c a

título	<b>B12 • Biologia 12.ª Classe</b>
autora	<b>Susann Müller</b>
coordenação	<b>Célia Rodrigues e Stella Morgadinho</b>
editor	<b>Texto Editores, Lda. – Moçambique</b>
capa e aberturas	<b>Dércio Simango</b>
ilustrações	<b>Belmiro Fernando e Mateus I. Zandamela</b>
arranjo gráfico	<b>Darlene Mavale e Dércio Simango</b>
paginação	<b>Belmiro Fernando e Dércio Simango</b>
pré-impressão	<b>Texto Editores, Lda. – Moçambique</b>
impressão e acabamentos	<b>Texto Editores</b>



**Texto Editores**

Av. Para o Palmar Q. 35, n.º 141A • Sommerchild II • Maputo • Moçambique  
Tel: (+258) 21 49 73 04  
Fax: (+258) 21 49 73 05  
Cels: (+258) 82 326 1460 • (+258) 84 326 1460  
E-mail: info@me.co.mz

**© 2010, Texto Editores, Lda.**

Reservados todos os direitos. É proibida a reprodução desta obra por qualquer meio (fotocópia, offset, fotografia, etc.) sem o consentimento escrito da Editora, abrangendo esta proibição o texto, a ilustração e o arranjo gráfico. A violação destas regras será passível de procedimento judicial, de acordo com o estipulado no Código do Direito de Autor. D.L. 4 de 27 de Fevereiro de 2001.

MAPUTO, MARÇO de 2017 • 2.ª EDIÇÃO • 2.ª TIRAGEM • REGISTADO NO INLD SOB O NÚMERO: 6448/RLINLD/10



Susann Müller



# B12

Biologia 12.<sup>a</sup> Classe



Texto Editores



## Aos alunos

O último ano do Ensino Secundário é um momento importante no percurso do processo de aprendizagem. Ao longo deste ano, vai percorrer um vasto conjunto de conhecimentos, dos quais vai emergir uma visão mais ampla sobre os objectos, fenómenos e processos da Natureza em geral e da Biologia em especial.

Neste percurso de aprendizagem, interessa não só construir e aprofundar saberes de forma integrada e significativa, mas também desenvolver capacidades e adquirir competências.

Na abordagem dos diferentes assuntos biológicos, analise criticamente os conteúdos e procure envolver-se com entusiasmo nas questões que lhe forem colocadas.

Este manual irá apoiá-lo no sentido de entender e de participar no que se passa no mundo maravilhoso da Biologia. Com certeza, este instrumento de trabalho vai rentabilizar o seu crescimento intelectual.

Aceite o desafio de usar o que sabe, de treinar o pensamento e a capacidade de aplicar os seus conhecimentos. Se tiver dificuldades, reveja os conceitos que estão envolvidos na questão ou na tarefa. Tente descobrir o que lhe faz falta para responder e resolver satisfatoriamente as questões e tarefas, respectivamente.

Não se esqueça de que a aprendizagem é um processo pessoal, mas que se torna mais eficiente quando é desenvolvida em cooperação. Partilhe opiniões e dificuldades, esclareça dúvidas e investigue assuntos em conjunto com os seus colegas e professor.

Além disso, a leitura contínua das secções de ciências de revistas e jornais ampliará muito a sua «visão biológica». Não se esqueça também da Internet, que poderá ser um precioso auxílio na hora de pesquisar determinado assunto.

## Ao professor

A nossa preocupação fundamental é estimular uma autonomia crescente do aluno e tornar este livro pedagogicamente atraente, mantendo todo o rigor científico, uma organização coerente e uma linguagem clara e adequada ao nível dos alunos.

Este manual compreende três (3) unidades temáticas, subdivididas em temas e índice, que permitem uma visualização global dos conteúdos programáticos. Propõem-se nele actividades diversas que incentivam o aluno à auto-investigação e proporcionam uma abordagem construtiva em que o aluno é o sujeito do seu processo de aprendizagem. Ao mesmo tempo, é reforçada a componente investigativa.

O livro contém ainda propostas de auto-avaliação, nas quais o conhecimento que o aluno estabeleceu pode agora ser mobilizado para responder a questões mais complexas.

Embora um manual escolar seja um importante auxiliar na aprendizagem do aluno, compete sempre ao professor gerir os conteúdos programáticos e decidir sobre o seu nível de aprofundamento, em função das condições específicas do processo de ensino-aprendizagem e da inserção da escola no meio social e natural.

Estou convicta que este livro contribuirá para uma sólida formação científica e, conseqüentemente, para o sucesso escolar dos seus alunos.

A autora



## Unidade 1 – Citologia



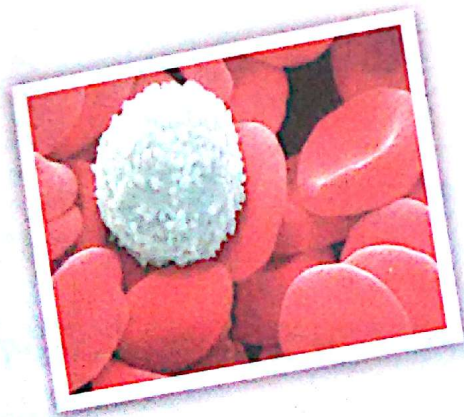
Citologia .....	8
História da descoberta da célula.....	8
Teoria Celular .....	9
Estrutura das células procarióticas e eucarióticas .....	10
Comparação entre as células procarióticas e eucarióticas .....	13
Organelos celulares e as suas funções .....	16
Composição química da célula .....	24
Difusão .....	30
Osmose .....	31
Transporte activo .....	32
Funções vitais da célula .....	33
Exercícios de consolidação .....	34
Fisiologia .....	37
Protoplasma – um colóide .....	37
Processo de libertação de energia .....	38
Energia e organização .....	38
Fontes de energia .....	39
Enzimas .....	40
Respiração celular .....	42
Outras fontes de libertação de energia .....	46
Exercícios de consolidação .....	50
Ciclo celular .....	54
Interfase .....	54
Mitose .....	55
Meiose .....	56
Comparação entre mitose e meiose .....	59
Exercícios de consolidação .....	61

## Unidade 2 – Fisiologia vegetal



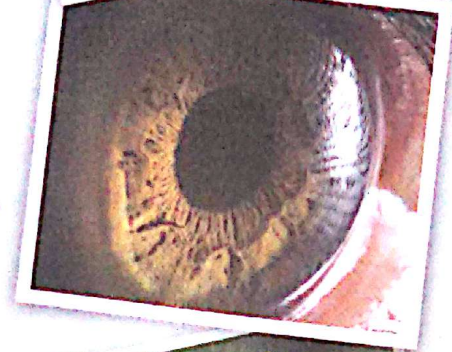
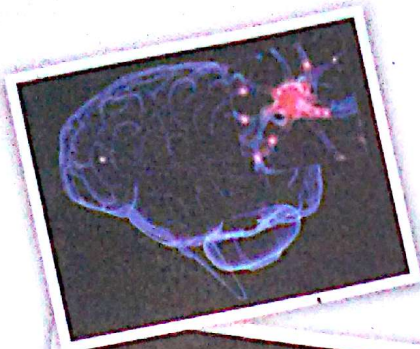
Fisiologia vegetal .....	64
Histologia vegetal .....	64
Factores que determinam a fertilidade do solo .....	68
Anatomia das raízes .....	75
Absorção de água e sais minerais .....	75
Tipos de membranas .....	78
Circulação da seiva bruta .....	79
Causas do movimento da seiva bruta .....	79
Estrutura, funções e propriedades de estomas .....	82
Circulação da seiva elaborada .....	84
Função dos plastídeos .....	85
Estrutura e funções dos cloroplastos .....	85
Fotossíntese .....	86
Fases da fotossíntese .....	90
Factores que influenciam a actividade fotossintética ....	92
Exercícios de consolidação .....	93





Histologia animal .....	98
Tecido epitelial .....	98
Tecido conjuntivo .....	100
Estrutura da célula nervosa (neurónio) .....	106
Tipos de neurónios .....	106
Evolução dos sistemas digestivos .....	108
Cnidários e platelmintos .....	108
Anelídeos .....	109
Vertebrados .....	110
Digestão no ser humano .....	112
Processos mecânicos e químicos da digestão .....	112
Doenças do sistema digestivo .....	116
<b>Exercícios de consolidação</b> .....	118
Evolução dos sistemas respiratórios .....	119
Trocas gasosas nos animais .....	119
Pulmões do ser humano .....	121
Doenças do sistema respiratório .....	123
<b>Exercícios de consolidação</b> .....	125
Evolução dos sistemas circulatórios .....	126
Funções do sistema circulatório .....	126
Tipos de sistemas circulatórios .....	126
Circulação nos vertebrados .....	128
Sangue .....	130
Composição do sangue .....	130
Funções dos constituintes do sangue .....	130
Sistema linfático .....	132
Funções do sistema linfático .....	132
Constituição do sistema linfático .....	132
Doenças do sistema circulatório .....	134
Sistemas de excreção .....	137
Funções do sistema excretor .....	137
Formas de manutenção do equilíbrio osmótico de água .....	137
Comparação dos órgãos excretores .....	138
Excreções de substâncias azotadas .....	140
Estrutura e funcionamento do rim no ser humano .....	141
Regulação da reabsorção de água .....	144
Doenças do sistema excretor .....	144
<b>Exercícios de consolidação</b> .....	146
Sistemas nervosos .....	149
Funções de um sistema nervoso .....	149
Comparação dos sistemas nervosos .....	149
Impulso nervoso e sua transmissão .....	151
Actos reflexos .....	152





Arco reflexo .....	153
Evolução do encéfalo .....	154
Memória .....	154
Doenças do sistema nervoso .....	155
Sistema endócrino .....	157
Funções do sistema endócrino .....	157
Glândulas endócrinas .....	157
Exercícios de consolidação .....	162
Órgãos dos sentidos .....	164
Funções gerais dos órgãos dos sentidos .....	164
Estrutura e funções dos órgãos dos sentidos .....	165
Exercícios de consolidação .....	172
Sistemas reprodutores .....	173
Comparação dos sistemas reprodutores dos invertebrados .....	174
Comparação dos aparelhos genitais dos vertebrados ..	176
Ciclo menstrual e regulação hormonal .....	179
Fisiologia do parto .....	185
Exercícios de consolidação .....	186
Ontogénese .....	187
Fases do desenvolvimento embrionário .....	188
Destino dos folhetos embrionários .....	190
Anexos embrionários .....	191
Exercício de consolidação .....	192
Soluções .....	193
Glossário .....	198
Bibliografia .....	200





### OBJECTIVOS

O aluno deve ser capaz de:

- Definir célula.
- Identificar os organelos.
- Explicar as funções dos organelos celulares.
- Diferenciar catabolismo de anabolismo.
- Descrever as diferentes fontes de energia.
- Explicar a respiração aeróbica e anaeróbica.
- Reconhecer a importância da respiração anaeróbica na indústria alimentar.
- Identificar as diferentes fases da divisão celular.
- Relacionar divisão celular e reprodução no Homem.



CONTEÚDOS

**Citologia**

- História da descoberta da célula
- Teoria celular
- Estrutura das células eucarióticas e procarióticas – comparação
- Organelos celulares e suas funções
- Estrutura e ultraestrutura
- Composição química da célula
- Funções vitais da célula

**Fisiologia**

- Protoplasma – um colóide: gel e sol
- Colóides, movimento de Brown, sedimentação
- Transporte nas células: difusão simples, osmose e transporte activo
- Processos de libertação de energia
- Energia e organização
- Fontes de energia
- Enzimas: definição, estrutura, funcionamento e propriedades
- Respiração celular: glicólise e ciclo de Krebs, cadeia respiratória
- Outras fontes de libertação de energia: fermentação alcoólica, láctica e acética

**Ciclo celular**

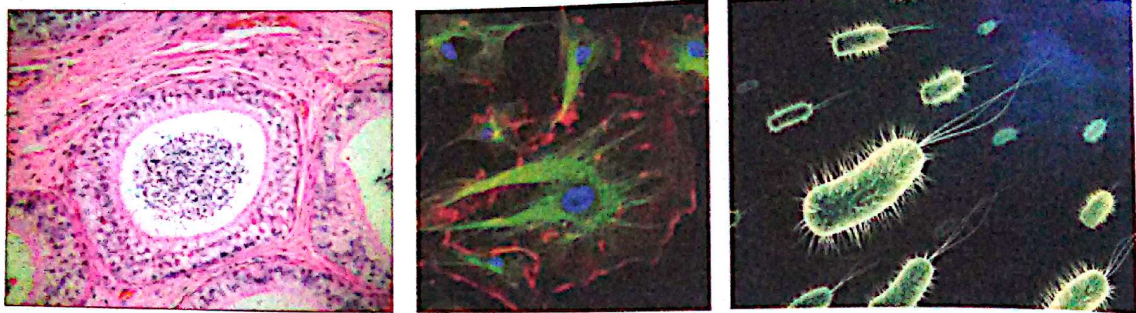
- Definições e fases
- Mitose: definições, fases e funções
- Meiose: definições, fases e funções
- Comparação entre a mitose e a meiose



## Citologia

### História da descoberta da célula

Descobrir como são constituídos os seres vivos foi, desde sempre, um desafio para a curiosidade humana. Durante muitos anos, numerosos investigadores interessaram-se pelo estudo de diversos materiais vivos. Porém, as suas observações apenas lhes permitiram ver órgãos, como o coração de animais, folhas ou flores de diversas plantas, mas não mais do que isso, porque tudo o que é mais pequeno que a décima parte de um milímetro não é visível aos nossos olhos. Só a descoberta de aparelhos que aumentam as imagens – **instrumentos de ampliação** – permitiu pôr a descoberto o mundo invisível, normalmente escondido da nossa vista.



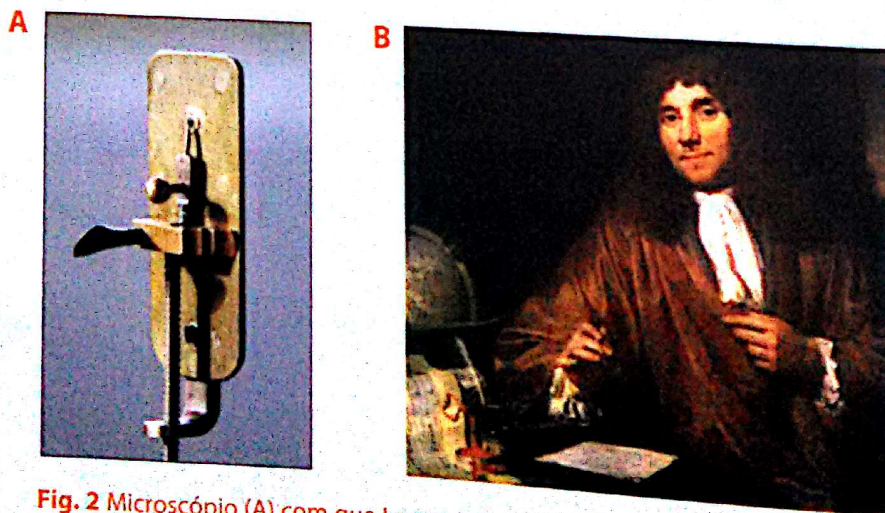
**Fig. 1** A descoberta do «mundo do infinitamente pequeno» foi possível quando o avanço técnico permitiu a construção do microscópio.

Assim, «nascia» um capítulo da Biologia – a **Citologia** (do grego *kytos*, «célula», e *logos*, «estudo»).

A sua história começou com a invenção do **microscópio**, aparelho capaz de aumentar a imagem de pequenos objectos e tornar possíveis observações mais minuciosas e rigorosas.

A invenção do microscópio é atribuída a Hans Janssen e seu filho Zacharias, dois holandeses fabricantes de óculos que viveram no século XVI. Eles descobriram que duas lentes montadas apropriadamente num tubo tinham a capacidade de ampliar as imagens, permitindo assim a observação de objectos pequenos. No entanto, não há registo de que os Janssen tenham usado o seu aparelho em prol da ciência.

O primeiro pesquisador a registar cuidadosamente as suas observações microscópicas foi o holandês **Antony van Leeuwenhoek** (1632-1723). Usando microscópios de sua própria construção, descobriu os glóbulos vermelhos no sangue, os espermatozóides no sêmen e as bactérias no esmalte de um dente, sendo, por isso, considerado o **pai da Microbiologia**.

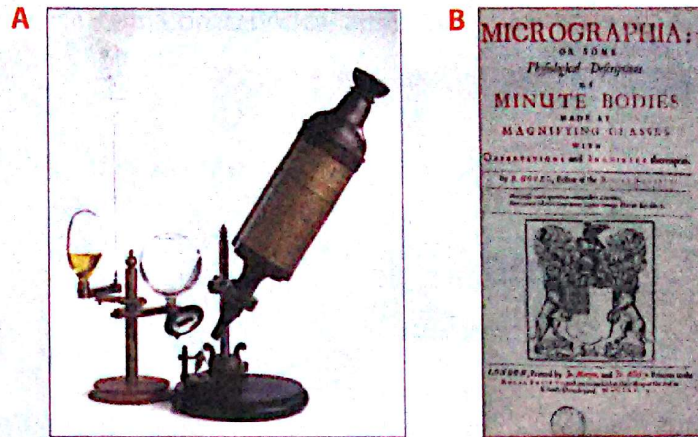


**Fig. 2** Microscópio (A) com que Leeuwenhoek (B) observou e relatou as formas e o comportamento de microorganismos.



A descoberta da célula é creditada ao inglês **Robert Hooke** (1635-1703) que, entre as diversas observações que fez, estudou finíssimas fatias de cortiça com um microscópio dotado de duas lentes, sendo, por isso, denominado **microscópio composto**.

Ao observar os cortes da cortiça, Hooke percebeu a sua estrutura perfurada e porosa que «se assemelha muito a um favo de mel. Além disso, esses poros ou células (...) “lembram” pequenas caixas.»



**Fig. 3** Hooke publicou as suas observações com o microscópio composto (A) no livro *Micrographia* (B).

Hooke usou o termo **célula** (do latim *cellula*, que significa «pequeno compartimento») para evidenciar a semelhança das cavidades observadas existentes na cortiça com as pequenas celas de uma prisão.

A cortiça é um tecido morto, formado apenas pelas paredes das células vegetais, que são muito resistentes e não se desfazem, mesmo depois da morte destas. Por isso, Hooke observou-as e descreveu-as como «celas vazias». Mais tarde, ao analisar partes vivas de plantas, Hooke percebeu que as células não são vazias como as da cortiça, mas preenchidas por um líquido gelatinoso.

Nessa época, as observações de Hooke foram confirmadas pelos outros cientistas, tais como Nehemiah Grew (1641-1712) e Marcello Malpighi (1628-1694).

Somente 150 anos mais tarde se chegou à conclusão de que as células são unidades que constituem todos os seres vivos.

## Teoria celular

Os inúmeros estudos realizados após a descoberta da célula permitiram que, nos anos de 1838 e 1839, dois cientistas alemães, **Mathias Schleiden** (1804-1881) e **Theodor Schwann** (1810-1882) formulassem a Teoria celular. Os dois cientistas reuniram-se e discutiram as suas ideias a respeito da organização dos seres vivos. Schleiden, dedicando-se ao estudo da anatomia e fisiologia das plantas, tinha a convicção de que todas as plantas são constituídas por células; Schwann, como zoólogo tinha a mesma opinião a respeito dos animais. Assim, as ideias foram resumidas da seguinte forma: «As partes elementares dos tecidos constituem a célula, semelhantes no geral, mas diferentes em forma e função. Pode ser considerado certo que a célula é a mola-mestra universal do desenvolvimento e está presente em cada tipo de organismo. A essência da vida é a formação da célula.»

O reconhecimento de que a célula é a unidade fundamental na constituição de todos os seres vivos foi uma das mais importantes generalizações da Biologia. Daí ser considerado como um importante **princípio unificador** da Biologia, que afirma:

- **A célula é a unidade básica estrutural e funcional de todos os seres vivos.**
- **Todos os seres vivos são constituídos por células**, nas quais ocorre um conjunto de reacções químicas necessárias à manutenção da vida.



# UNIDADE 1

- **Todas as células provêm de células pré-existentes**, pois qualquer célula se forma por divisão de uma outra.
- **A célula é a unidade de reprodução e desenvolvimento dos seres vivos** porque numerosos seres vivos formam-se por divisões sucessivas a partir de uma única célula.
- **A célula é a unidade hereditária de todos os seres vivos** pois, na célula, está contida a informação genética que é transmitida de geração em geração, durante o processo de divisão celular, permitindo a continuidade das espécies.



Fig. 4 Os seres vivos são todos diferentes, mas todos são formados por células.

## Estrutura das células procarióticas e eucarióticas

De acordo com a Teoria celular, a célula é a **unidade básica estrutural e funcional** de todos os seres vivos.

Apesar desta universalidade de estrutura e função, há diversidade no tamanho, forma e grau de complexidade.

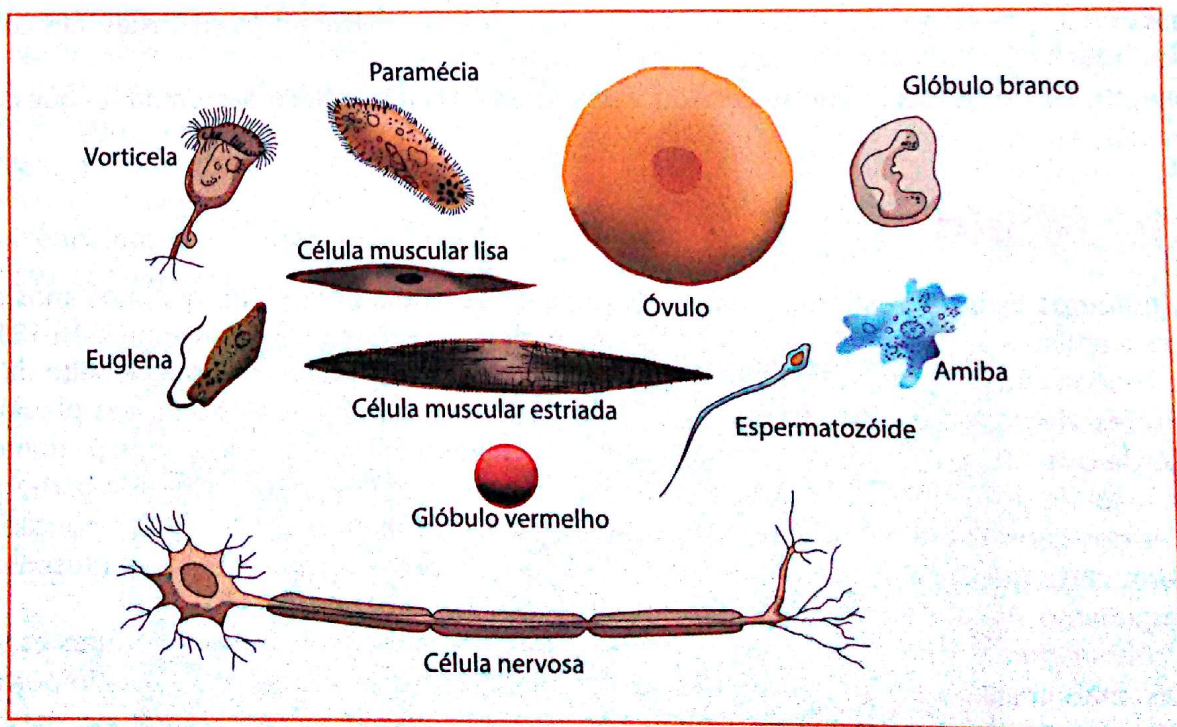


Fig. 5 Diversidade de células

O microscópio electrónico revelou que existem dois tipos fundamentais de células: as **células procarióticas** e as **células eucarióticas**.



## Célula procariótica

A célula procariótica tem uma organização mais simples do que a eucariótica e encontra-se apenas nas bactérias e em algumas algas azuis. Os seres constituídos por células procarióticas chamam-se **procariontes**.

Como modelo de uma célula procariótica, apresentamos a de uma bactéria *Escherichia coli*, que, embora simples, executa quase todas as actividades fundamentais das células vivas.

A célula de *Escherichia coli* é delimitada por uma **membrana plasmática** que controla selectivamente a entrada e saída de substâncias permitindo assim as trocas entre a célula e o ambiente. Externamente à membrana plasmática, a bactéria possui uma rígida **parede celular**. No interior da célula, há um material viscoso, o **citoplasma**. Mergulhados nele, encontram-se os **ribossomas**, que produzem as proteínas necessárias à célula. Ainda no citoplasma, existe um filamento de **cromatina** constituído por uma molécula de **ADN** em forma circular, o material genético responsável pelo controlo da actividade celular. Este pode ocupar a parte central da célula, mas não está protegido por qualquer membrana.

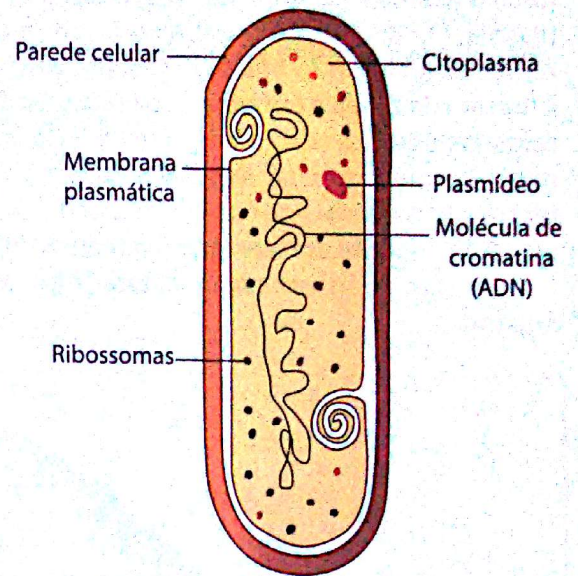


Fig. 6 Célula de *Escherichia coli*, bactéria que se encontra no intestino.

## Célula eucariótica

A maioria dos organismos vivos, incluindo algas, fungos, protozoários, plantas e animais, é constituída por células eucarióticas que apresentam uma maior complexidade do que as células procarióticas. Os seres constituídos por células eucarióticas chamam-se **eucariontes**.

Há dois tipos fundamentais de células eucarióticas: **células animais** e **células vegetais**.

Observe, na figura abaixo, a representação de uma **célula vegetal** típica, vista ao microscópio electrónico.

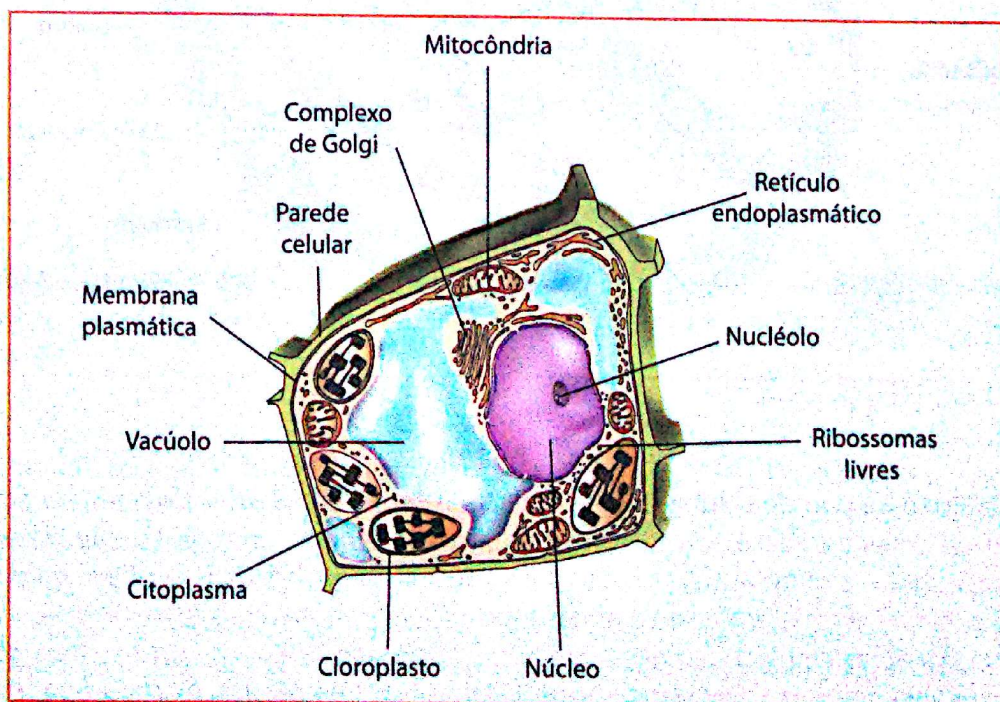


Fig. 7 Esquema de uma célula vegetal



# UNIDADE 1

Uma das diferenças entre a célula vegetal e a célula procariótica é o facto de a cromatina estar envolvida por uma membrana nuclear, ficando, assim, o material genético num compartimento bem definido, o **núcleo** (com o **nucléolo**). O espaço existente entre o núcleo e a membrana plasmática é designado por **citoplasma**. O **citoplasma** compreende um fluido gelatinoso chamado **hialoplasma**. Neste encontram-se **microtúbulos** e **microfilamentos**, principais componentes do **citoesqueleto**, sistema relativo à forma, à estrutura da célula e também à sua movimentação. Externamente à membrana plasmática, a célula vegetal é revestida pela **parede celular**. Até 95% do volume da célula vegetal pode ser ocupado por uma bolsa chamada **vacúolo central**. As células vegetais apresentam outros organelos celulares mergulhados no hialoplasma, tais como: **retículo endoplasmático**, **mitocôndrias**, **complexo de Golgi** e **cloroplastos**, cuja estrutura e função apresentaremos mais adiante.

As **células animais** apresentam algumas diferenças em relação à célula vegetal, como a figura abaixo mostra.

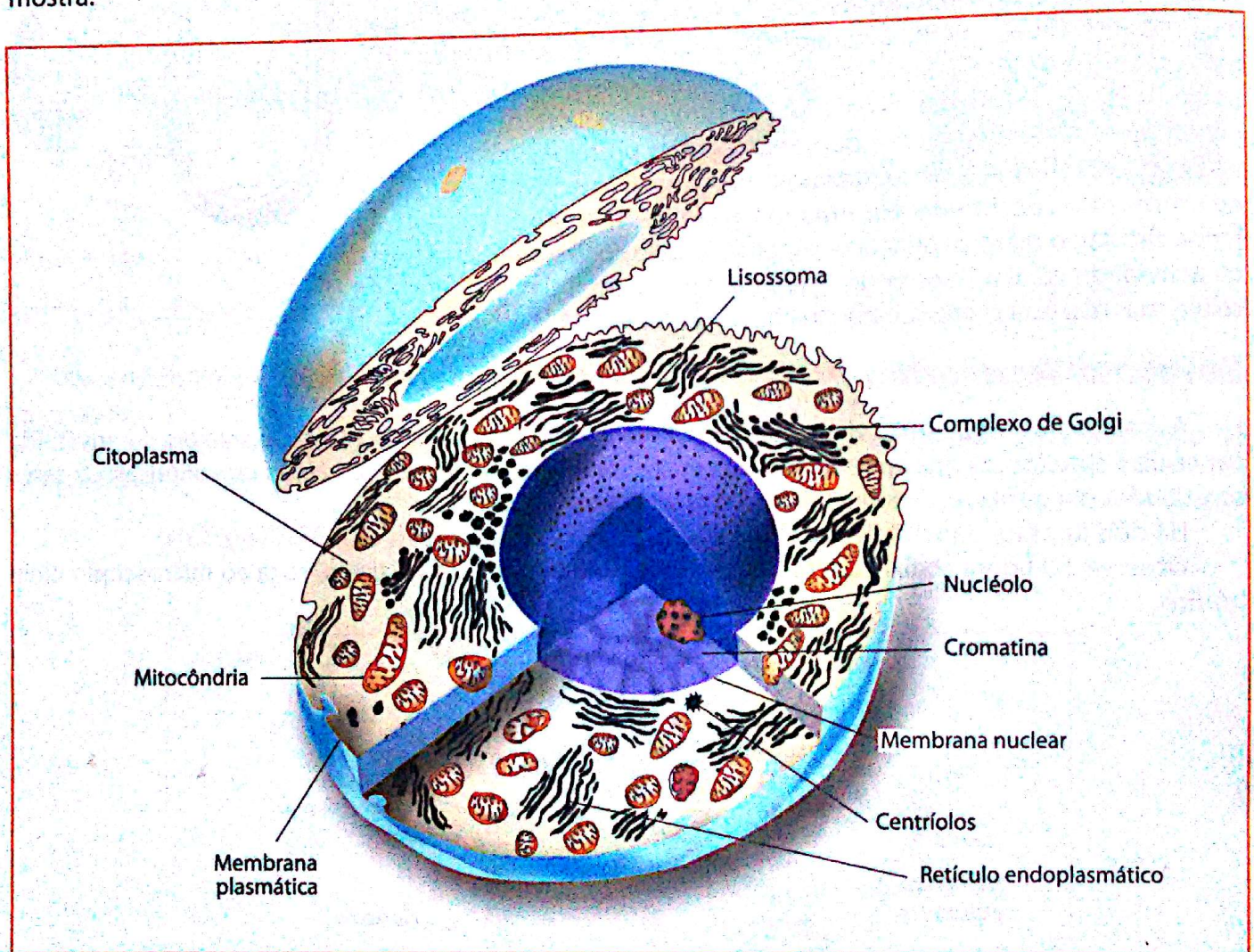


Fig. 8 Esquema de uma célula animal

Nesta célula não há parede celular. Também não existem cloroplastos. Existem, no entanto, organelos, como os **lisossomas** e os **centríolos**. Há, como na célula vegetal, um espaço que separa o **núcleo** da **membrana plasmática**, o citoplasma. O **citoplasma** dum célula animal é também constituído por um fluido viscoso, o **hialoplasma**, em que se encontram **microfilamentos** e **microtúbulos** que formam o **citoesqueleto**. Organelos celulares como o **retículo endoplasmático**, os **ribossomas**, o **complexo de Golgi**, o **nucléolo** e as **mitocôndrias** são comuns aos dois tipos de células. A cromatina também é envolvida por uma membrana nuclear, formando o **núcleo**, característica marcante das células eucarióticas.



## Comparação entre as células procarióticas e eucarióticas

O quadro seguinte evidencia as semelhanças e diferenças mais significativas entre os tipos de células referidos.

**Quadro 1:** Existência de estruturas celulares em três tipos de células

Estrutura celular	Célula procariótica	Célula eucariótica	
		Célula vegetal	Célula animal
Parede celular	Presente	Presente	Ausente
Membrana plasmática	Presente	Presente	Presente
Núcleo	Ausente	Presente	Presente
Núcleo	Ausente	Presente	Presente
Ribossomas	Presentes	Presentes	Presentes
Reticulo endoplasmático	Ausente	Presente	Presente
Complexo de Golgi	Ausente	Presente	Presente
Lisossomas	Ausentes	Presentes	Presentes
Centríolo	Ausente	Presente (na maioria)	Presente
Mitocôndria	Ausente	Presente	Presente
Cloroplasto	Ausente	Presente	Ausente
Vacúolo central	Ausente	Presente	Ausente
Citoesqueleto	Ausente	Presente	Presente
Citoplasma	Presente	Presente	Presente

Propomos-lhe, em seguida, um conjunto de actividades com o objectivo de, utilizando algumas técnicas de preparação de material para a microscopia óptica já aprendidas nas classes anteriores, poder identificar alguns constituintes celulares e compreender as diferenças estruturais entre células vegetais e animais.



### Experiência

#### Observação, ao microscópio óptico, de células vegetais

##### Material

Microscópio óptico, bisturi ou faca fina, tesoura, pinça, lâminas, lamelas, agulha de dissecação, vidros de relógio, água, água iodada da farmácia ou solução de Lugol, cebola, banana, tomate verde e tomate maduro.

##### Procedimento de segurança

Maneje cuidadosamente com os objectos cortantes e as substâncias químicas.

##### Procedimento 1

##### Epiderme do bolbo da cebola

O bolbo da cebola é um caule subterrâneo, constituído por inúmeras escamas carnudas. A superfície côncava de cada uma dessas escamas é revestida por uma epiderme constituída por uma única camada de células, facilmente observável ao microscópio.



1. Com o auxílio de um bisturi ou uma faca fina, corte o bolbo ao meio e retire uma das escamas carnudas.
2. Com uma pinça, retire a epiderme que reveste a parte côncava da «escama».
3. Coloque-a rapidamente em água para evitar, tanto quanto possível, o seu enrolamento.
4. Corte com a tesoura ou faca um retalho dessa película epidérmica e monte-o entre a lâmina e a lamela, utilizando a água como meio de montagem.
5. Observe ao microscópio a preparação que acabou de executar (preparação temporária), primeiro com a objectiva de menor ampliação e depois com a de maior ampliação.
6. Faça um esquema legendado que mostre a forma e a disposição de algumas células.
7. Deite uma gota de água iodada ou solução de Lugol ao longo de um dos bordos da lamela.
8. Observe de novo ao microscópio, esquematize e faça a respectiva legenda.

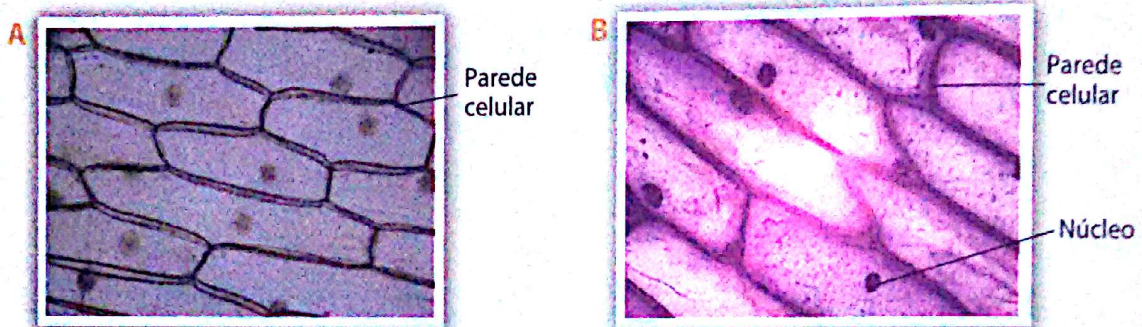


Fig. 9 Células da epiderme da cebola sem qualquer corante (A) e com água iodada (B)

## Procedimento 2

### Células da polpa da banana

A banana é um fruto carnudo, sendo relativamente fácil, por esmagamento da polpa, observar as células que a constituem.

1. Descasque a banana e retire, com o auxílio de um bisturi ou de uma faca fina, um pequeno fragmento da polpa.
2. Coloque o fragmento da polpa numa lâmina com uma gota de água iodada ou de solução de Lugol.
3. Cubra com a lamela e, com o dedo polegar, pressione cuidadosamente até obter o esmagamento completo do fragmento.
4. Observe ao microscópio, usando primeiro a objectiva de menor ampliação e depois a de maior ampliação.
5. Elabore um esquema legendado da sua observação.

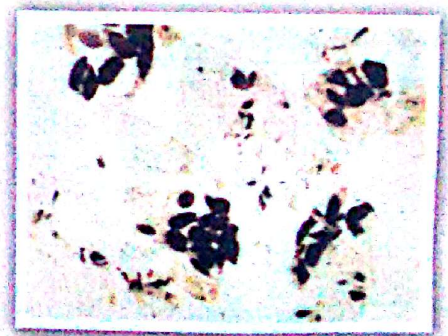


Fig. 10 Células da polpa da banana corada com água iodada, evidenciando os grãos de amido.

## Procedimento 3

### Células da polpa do tomate

O tomate é um fruto carnudo, que se pode obter facilmente em diferentes estados de maturação, sendo possível, por esmagamento da polpa, observar as suas células e as estruturas celulares.



1. Com o auxílio de um bisturi ou uma faca, corte um tomate verde e um tomate maduro.
2. Retire uma pequena porção da sua polpa sobre uma lâmina e pressione-a com o dedo.
3. Cubra com a lamela (se necessário adicione uma gota de água) e observe ao microscópio.
4. Na observação ao microscópio utilize primeiro a objectiva de menor ampliação e de seguida a de maior ampliação.
5. Faça um esquema do que observa.



Fig. 11 Células da polpa do tomate

## Observação, ao microscópio óptico, de seres unicelulares

### Material

Microscópio óptico, lâminas, lamelas, bisturi ou faca fina, agulha de ponta fina, pipeta, água, água iodada, frascos de vidro com capacidade de 1l, palha, folhas de alface e outros vegetais, de preferência em decomposição.

### Procedimento

Para observar seres unicelulares prepare previamente uma **infusão**. Uma infusão deve ser feita com 3 a 4 semanas de antecedência, a não ser que disponha de água estagnada de charcos. Encha o frasco com água e introduza a palha, folhas de alface e de outros vegetais. Tape o frasco. Ao fim de 15 dias, começam a aparecer alguns seres vivos, que serão substituídos por outros na semana seguinte. Por esta razão, convém fazer várias infusões com 4 a 5 dias de intervalo, a fim de obter seres diferentes quando fizer as observações.

1. Com o auxílio de uma pipeta, recolha uma gota da parte superficial da infusão.
2. Coloque-a numa lâmina e cubra com a lamela.
3. Observe a preparação ao microscópio, primeiro com a objectiva de menor ampliação e a seguir com a de maior ampliação.
4. Procure desenhar os seres unicelulares que encontra na preparação e tente identificá-los.

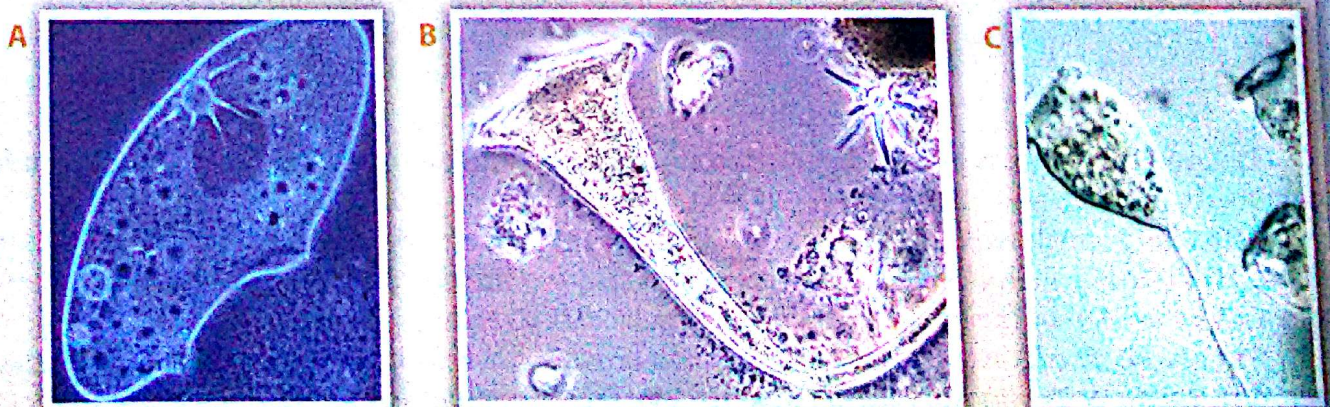


Fig. 12 Alguns dos seres unicelulares mais comuns numa infusão (A - Paramecia, B - Stentor, C - Vorticella)



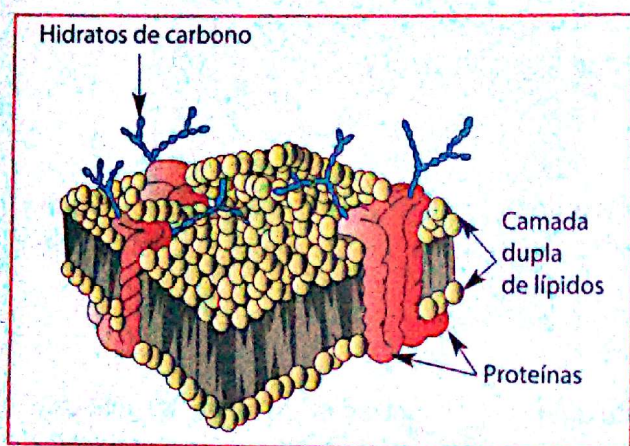
## Organelos celulares e suas funções

A célula é um sistema biológico altamente complexo e organizado, delimitado no meio externo pela **membrana plasmática** (designada também por **plasmalema**). Esta constitui uma barreira protectora que, ao controlar de modo eficaz todas as trocas com o meio externo, mantendo constante a composição do meio intracelular. É de sublinhar que as outras membranas vivas da célula assemelham-se à membrana plasmática quanto à composição química e à estrutura.

A membrana plasmática tem entre 7 e 9 nm (nanómetro) de espessura, sendo tão fina que só pode ser vista ao microscópio electrónico. A sua constituição é lipoproteica, ou seja, as proteínas estão associadas a fosfolípidos. S. J. Singer e G. L. Nicolson propuseram, em 1972, um modelo para a estrutura da membrana plasmática que ainda hoje é aceite, por ser aquele que melhor traduz o comportamento da membrana. Segundo este modelo, que designaram por **modelo de mosaico fluido**, a membrana possui

uma camada dupla de moléculas de fosfolípidos, entre as quais há moléculas de proteínas encaixadas ou embutidas. As duas camadas de lípidos são fluidas e têm uma consistência semelhante à do óleo. Assim, as moléculas não ficam num lugar fixo, podendo mudar de posição; as proteínas ficam encaixadas em vários pontos lembrando assim as peças de um mosaico.

Enquanto os lípidos determinam a estrutura básica da membrana, as proteínas são responsáveis pela maioria das suas funções. Algumas delas funcionam como enzimas e catalisam certas reacções. Outras funcionam como proteínas transportadoras ou carregadoras. Como verá no capítulo da Fisiologia, elas têm um papel fundamental na entrada e saída de substâncias da célula.

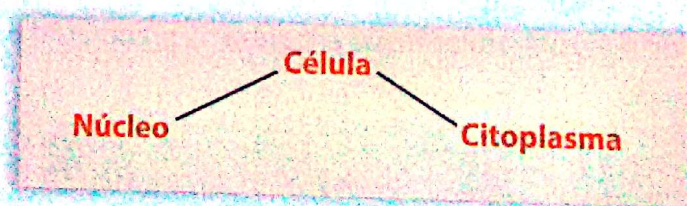


**Fig. 13** Esquema de membrana plasmática segundo o modelo de mosaico fluido

A utilização de técnicas de observação, nomeadamente com o microscópio electrónico, permitiu verificar que o conteúdo celular não é homogéneo, mas altamente organizado.

Hoje considera-se que o conteúdo das células eucarióticas se pode dividir em: **núcleo** e **citoplasma**.

### Esquema 1: Organização de uma célula eucariótica



Dos vários organelos celulares, o **núcleo** é a estrutura interna mais evidente da célula, tendo sido descoberto em 1838 por Robert Brown.

Este tem, normalmente, uma forma esférica com um diâmetro de aproximadamente 10 µm (micrómetro). O núcleo tem uma importância vital para a célula, pois controla toda a actividade celular e contém a informação genética da célula inscrita nas moléculas de ADN.

A utilização do microscópio electrónico tornou possível o conhecimento pormenorizado da sua ultra-estrutura, tendo então revelado que este organelo está separado do citoplasma por uma **membrana dupla porosa**, também designada por **membrana nuclear** (ou **carioteca**). Os poros nucleares permitem a troca de substâncias entre o núcleo e o citoplasma.



No interior do núcleo encontra-se uma massa filamentososa, a **cromatina**, que é constituída por filamentos de ADN. Durante a divisão celular, cujo processo descreveremos mais adiante, a cromatina condensa-se e os filamentos ficam mais curtos e grossos. Estes filamentos densos são os **cromossomas**, que podem ser observados como entidades individualizadas. Mergulhados num fluido viscoso, que é o **nucleoplasma**, encontra-se um ou mais corpos esféricos, os **nucléolos**. O nucléolo tem uma estrutura esférica, não tendo qualquer membrana a separá-lo do **nucleoplasma**. Contém ARN, ADN e proteínas básicas, tendo como função principal a síntese de ARN ribossómico.

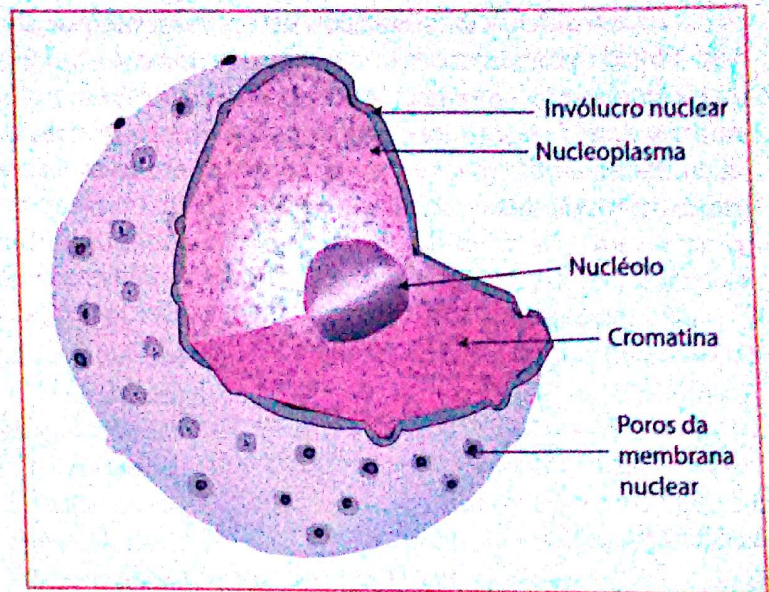
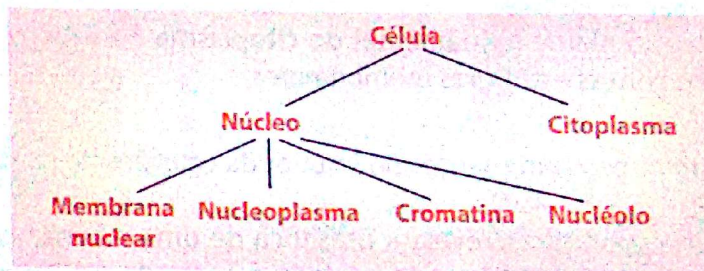


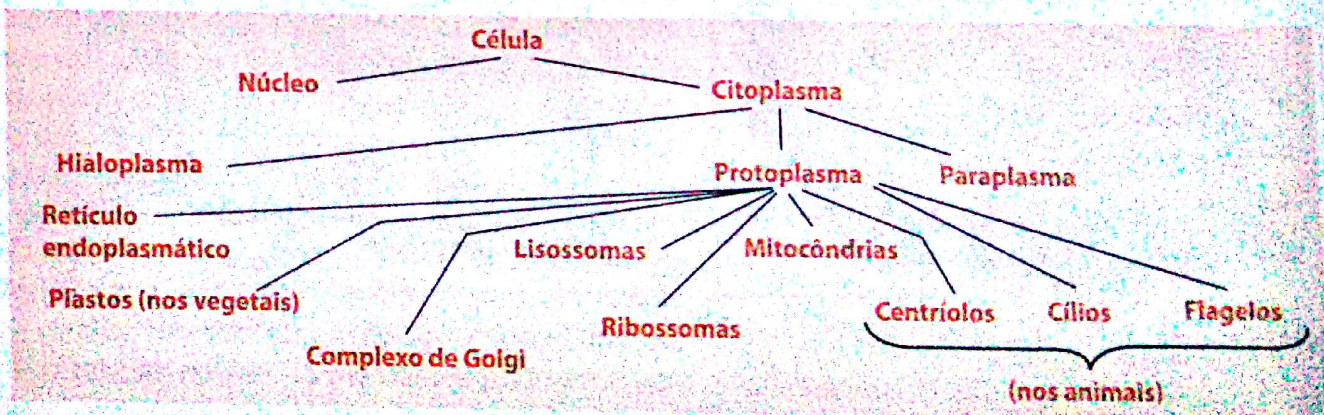
Fig. 14 Estrutura do núcleo

Esquema 2: Organização de uma célula eucariótica e do seu núcleo



Os primeiros citologistas acreditavam que o interior da célula viva era preenchido por um fluido homogéneo e viscoso, no qual estava mergulhado o núcleo. Esse fluido recebeu o nome de **citoplasma** (do grego *kytos*, célula, e *plasma*, aquilo que dá forma, que modela). Hoje sabe-se que o espaço situado entre a membrana plasmática e o núcleo é bem diferente do que imaginaram aqueles citologistas. Além da parte fluida, que tem recebido a denominação de **hialoplasma**, o citoplasma contém estruturas consideradas vivas, os **organelos celulares**. As estruturas não-vivas do hialoplasma são chamadas **inclusões**. O conjunto de inclusões é chamado **paraplasma**, enquanto o conjunto das estruturas vivas é denominado **protoplasma**.

Esquema 3: Organização de uma célula eucariótica e do seu citoplasma





O **hialoplasma** é constituído essencialmente por água (90%) e por proteínas, açúcares e sais minerais. No hialoplasma ocorre a maioria das reacções químicas vitais, entre elas a fabricação das moléculas que irão constituir as estruturas celulares. É também no hialoplasma que muitas substâncias das células animais, como as gorduras, ficam armazenadas. Descobriu-se também que o hialoplasma contém um sistema de **microfilamentos** e **microtúbulos** que se estendem por todo o citoplasma, formando uma espécie de rede designada **citoesqueleto**.

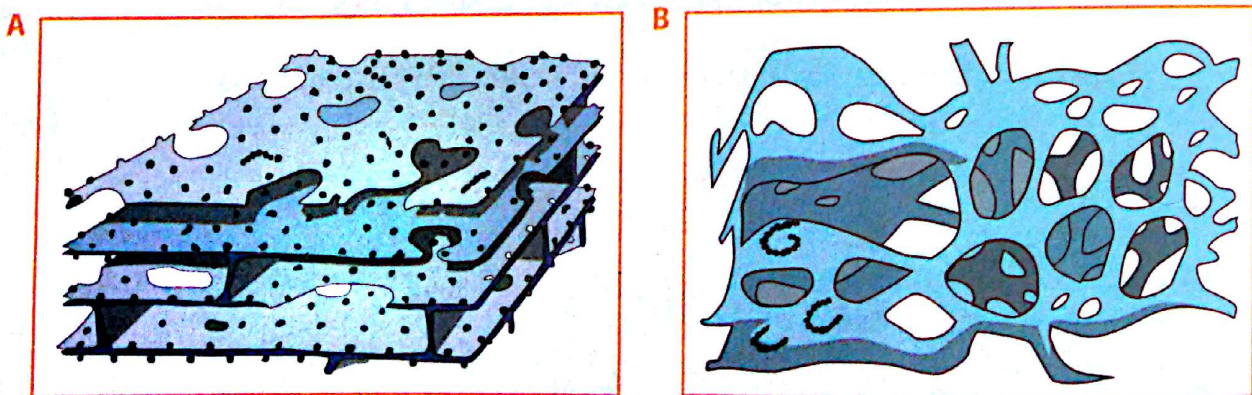
**Quadro 2:** Organização do citoplasma de uma célula eucariótica

Hialoplasma e citoesqueleto	Microfilamentos e microtúbulos
Organelos celulares (Protoplasma)	Retículo endoplasmático
	Ribossomas
	Complexo de Golgi
	Lisossomas
	Mitocôndrias
	Cloroplastos (nos vegetais)
	Vacúolos
Inclusões (Paraplasma)	Centríolos, cílios, flagelos (nos animais)
	Gotas de lípidos
	Grânulos proteicos, Grânulos de pigmentos
	Cristais diversos

Conseguem-se distinguir na matriz fundamental do citoplasma **estruturas membranares** e **não membranares**. Começaremos com as estruturas membranares.

As membranas delimitam os compartimentos no interior da célula onde ocorrem importantes reacções metabólicas.

O citoplasma das células eucarióticas revela a presença de uma extensa rede de canais e sacos membranosos que comunicam entre si. A esta rede foi dado o nome de **retículo** (do latim *reticulu*, que significa «pequena rede») **endoplasmático** (do grego *éndon*, que significa «dentro»). Pode-se distinguir dois tipos de retículo: **rugoso** e **liso**. O **retículo endoplasmático rugoso** (RER) é formado por sacos achatados cujas membranas têm aspecto verrugoso devido à presença de ribossomas aderidos à sua superfície externa voltada para o hialoplasma. Já o **retículo endoplasmático liso** (REL) é formado por estruturas membranosas tubulares sem ribossomas e, portanto, dotado de superfície lisa.



**Fig. 15** Esquemas do retículo endoplasmático: A – retículo endoplasmático rugoso, B – retículo endoplasmático liso



No entanto, ambos os tipos de retículo endoplasmático estão relacionados com a **síntese de substâncias** actuando como uma rede de **distribuição de substâncias** no interior da célula. No líquido existente dentro das suas bolsas e tubos, diversos tipos de substâncias deslocam-se sem se misturar com o hialoplasma. Uma importante função do retículo endoplasmático liso é a **produção de lípidos e o transporte de substâncias**. Também participa nos processos de **desintoxicação celular**, pois intervém na transformação das substâncias tóxicas, modificando-as ou destruindo-as, de modo a não causarem danos ao organismo. Dentro das bolsas do retículo endoplasmático liso também pode haver **armazenamento de substâncias** provenientes do meio intra ou extracelular. O retículo endoplasmático rugoso é responsável pelo **transporte de proteínas** sintetizadas nos ribossomos que se encontram na sua superfície.

No hialoplasma da maioria das células eucarióticas é possível distinguir-se um outro conjunto de membranas intracelulares, em continuidade com as do retículo endoplasmático. Em 1898, o cientista italiano Camillo Golgi evidenciou a existência desta estrutura citoplasmática, que se designa **Complexo** (ou **Aparelho**) **de Golgi**. É constituído por um ou mais conjuntos de sacos achatados e membranosos (**cisternas**) associados a um sistema de vesículas esféricas, as **vesículas golgianas**. A cada conjunto de quatro a cinco sacos sobrepostos dá-se o nome de **dictiossoma**. O empilhamento regular dos sacos achatados é característico do sistema de Golgi, o que permite reconhecê-lo com facilidade.

Nas células animais os dictiossomas geralmente encontram-se reunidos num único local, próximo do núcleo. Nas células vegetais há, geralmente, vários dictiossomas espalhados pelo hialoplasma.



Fig. 16 Esquema de dictiossoma (A) e sua localização numa célula animal e vegetal (B)

Diversos estudos têm mostrado que o Complexo de Golgi aparece desenvolvido nas células com função secretora, o que revela que esta estrutura está intimamente relacionada com a **secreção celular**.

Como já foi mencionado anteriormente, e como a figura 17 mostra, o Complexo de Golgi está relacionado com o retículo endoplasmático. Repare que a pilha de sacos achatados do Complexo de Golgi tem duas faces, uma voltada para o retículo endoplasmático rugoso e outra para a superfície da célula. As vesículas provenientes do retículo endoplasmático rugoso, que contêm proteínas, soldam-se à face inferior do Complexo de Golgi. Por sua vez, a face superior deste sistema também produz vesículas que se destinam à «exportação» de substâncias, através da membrana plasmática para utilização no meio extracelular.

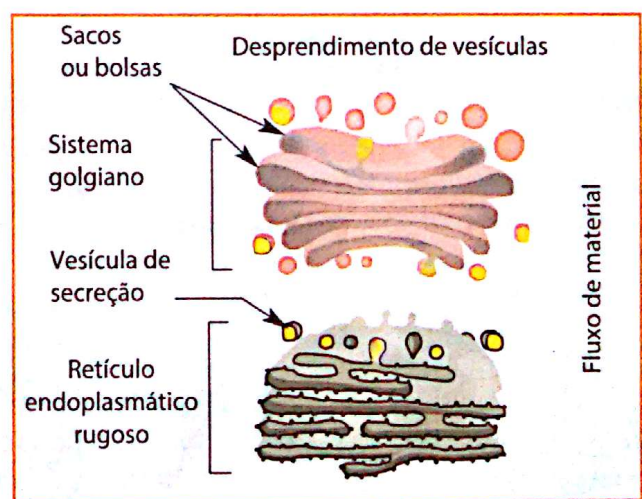


Fig. 17 Relação entre o retículo endoplasmático rugoso e o Complexo de Golgi



Além da função de secreção celular, o complexo de Golgi é ainda responsável pela **formação dos lisossomas** e dos **vacúolos autofágicos**, participando, assim, no processo da **digestão intracelular**.

Os **lisossomas** (do grego *lise*, quebra, destruição) são bolsas membranosas que contêm enzimas digestivas de todos os tipos, capazes de digerir substâncias orgânicas. Desde a sua descoberta, em 1955, já foram identificados mais de cinquenta tipos de enzimas alojadas no interior das pequenas bolsas lisossômicas. Daí, os lisossomas são organelos responsáveis pela **digestão intracelular**. O esquema da figura 18 mostra alguns detalhes da acção dos lisossomas.

Como qualquer proteína, as enzimas lisossômicas são fabricadas no retículo endoplasmático rugoso; migram em seguida para os dictiossomas, sendo identificadas e enviadas para uma região especial do sistema de Golgi, onde são empacotadas e libertas na forma de pequenas bolsas – os **lisossomas primários**. Quando uma partícula de alimento é englobada, forma-se um **vacúolo alimentar**. Um ou mais lisossomas fundem-se no vacúolo alimentar, nele libertando enzimas. Está formado o **vacúolo digestivo** ou **lisossoma secundário**.

À medida que a digestão intracelular vai ocorrendo, as partículas capturadas pelas células são quebradas em pequenas moléculas que atravessam a membrana do vacúolo digestivo, passando para o hialoplasma. Estas moléculas serão utilizadas na fabricação de novas substâncias e no fornecimento de energia à célula.

Eventuais restos do processo digestivo, constituído por material que não foi digerido, permanecem dentro do vacúolo, que passa a ser chamado **vacúolo residual**. Muitas células eliminam o conteúdo do vacúolo residual para o meio externo. Nesse processo, o vacúolo residual encosta na membrana plasmática e funde-se com ela, lançando o seu conteúdo para o meio externo.

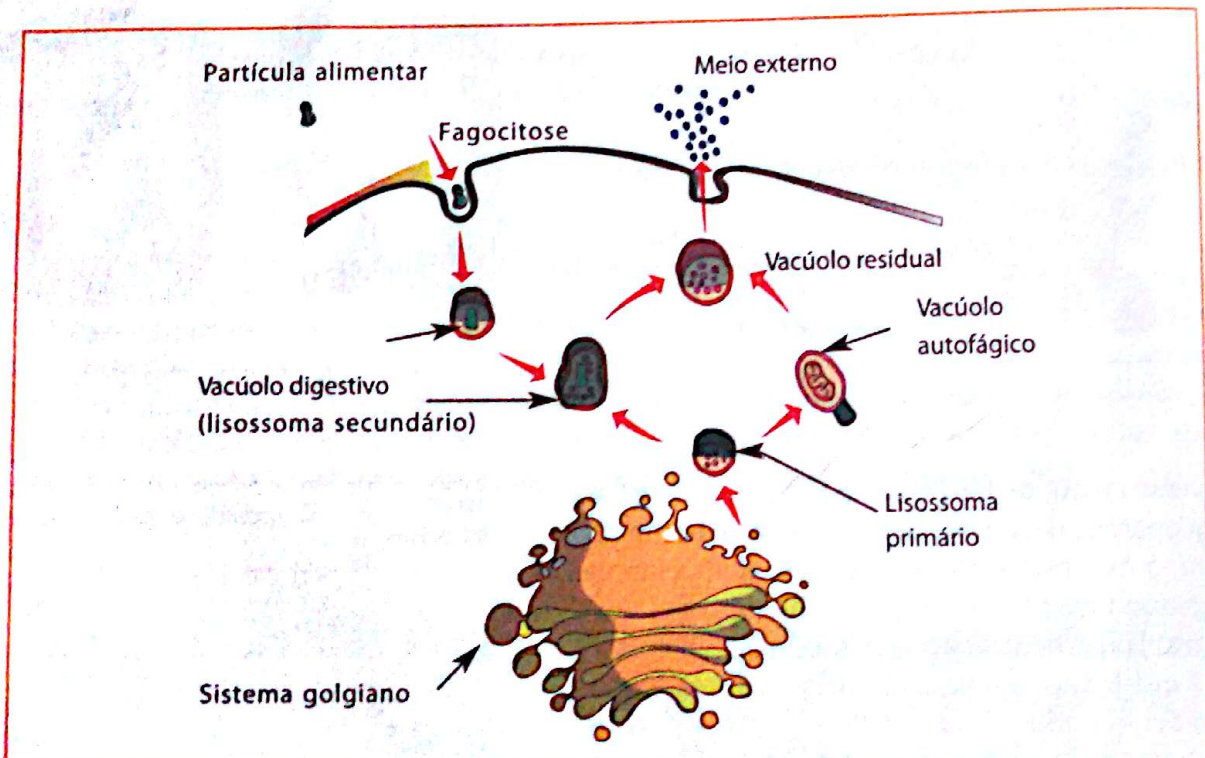


Fig. 18 Os lisossomas são responsáveis pela digestão intracelular.

Embora os **vacúolos** estejam presentes em todas as células animais, é nas células de algumas plantas que atingem grandes dimensões, ocupando, por vezes, todo o espaço intracelular. No interior do vacúolo, que é uma estrutura membranosa, existem normalmente várias substâncias em solução (açúcares, sais minerais, enzimas, produtos de excreção, etc.), que constituem o **suco vacuolar**. À membrana que limita o vacúolo dá-se o nome de **tonoplasto**. Esta membrana intervém na regulação do fluxo de água e de iões entre o citoplasma e o interior do vacúolo.



As **mitocôndrias** – organelos celulares responsáveis pela **respiração celular** – são estruturas que se encontram separadas do citoplasma por uma dupla membrana, ou seja, há duas membranas na mitocôndria: uma externa e outra interna. Na membrana interna existem dobras (invaginações), as **cristas**. O interior da mitocôndria é preenchido por um material de consistência fluida chamado **matriz mitocondrial**.

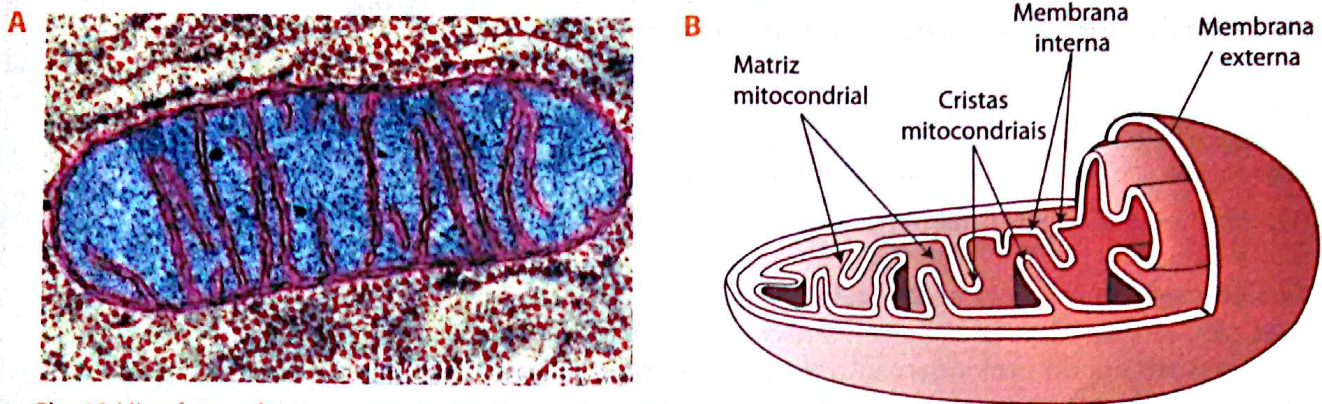


Fig. 19 Microfotografia de uma mitocôndria (A) e seu modelo esquemático (B)

O interior do **cloroplasto** – organelo celular característico das células vegetais e responsável pela **fotossíntese** – contém uma matriz granulosa designada estroma. No **estroma** encontram-se mergulhadas as **lamelas**. Existem ainda pilhas de lamelas menores, discóides, lembrando pilhas de moedas. Cada «moeda» recebe o nome de **tilacóide**. Uma pilha desses tilacóides é chamada **granum**. O conjunto de **granum** do cloroplasto é denominado **grana**. É a nível deste sistema membranar interno que se localizam os pigmentos fotossintéticos que fazem a captação da energia luminosa, enquanto no estroma existem enzimas e outras moléculas necessárias à síntese da matéria orgânica.

Para além dos cloroplastos, podem encontrar-se nas células vegetais outros tipos de plastos que se designam em função dos materiais que encerram. Os plastos podem ser incolores (**leucoplastos**) ou possuir pigmentos (**cromoplastos**, que incluem pigmentos diferentes das clorofilas e que são responsáveis pela coloração de muitos órgãos vegetais como flores, frutos e folhas). Os **leucoplastos** incluem substâncias de reserva como o amido (**amiloplastos**), os lípidos (**oleoplastos**) e as proteínas (**proteoplastos**).

Além das estruturas que são predominantemente constituídas por membranas, encontram-se nas células eucarióticas estruturas citoplasmáticas **não membranosas**: os **ribossomas** e os organelos tubulares (**centríolos**, **cílios** e **flagelos**).

Os **ribossomas** são pequenas partículas de aspecto granuloso. Cada ribossoma é formado por duas subunidades de tamanhos diferentes. É a nível dos ribossomas que ocorre a **síntese proteica**, pois funcionam como local onde os aminoácidos se podem ligar.

As células que sintetizam proteínas apenas para consumo próprio apresentam muitos ribossomas livres no citoplasma; pelo contrário, as células que fabricam proteínas de «exportação» têm muitos ribossomas ligados ao retículo endoplasmático, o que facilita a libertação da proteína sintetizada.

Quer estejam livres no citoplasma, quer estejam ligados ao retículo endoplasmático, os ribossomas têm sempre a mesma estrutura, formando conjuntos a que se dá o nome de **polissoma**.

Os organelos tubulares como os **centríolos**, os **cílios** e os **flagelos** podem ser considerados exclusivos das células animais e de alguns eucariontes unicelulares.

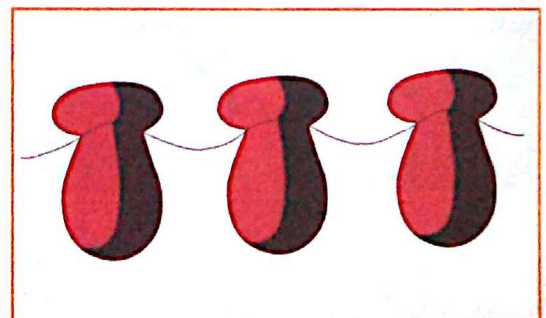


Fig. 20 Esquema de polissoma



No seio do hialoplasma, perto do núcleo é possível observar-se dois cilindros de natureza proteica – os **centríolos** – dispostos perpendicularmente um ao lado do outro.

Cada cilindro é composto por nove feixes de túbulos ocos – os **microtúbulos**. Os microtúbulos estão modificados num padrão: nove microtúbulos duplos especiais estão dispostos formando um anel ao redor de um par de microtúbulos simples.

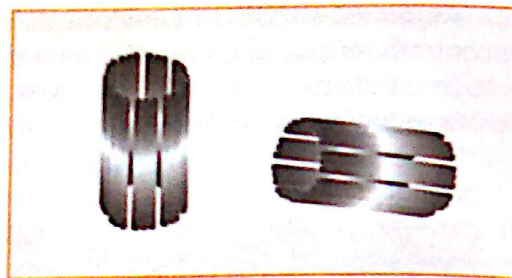


Fig. 21 Esquema de um centríolo

Os centríolos têm essencialmente duas funções: **originar os cílios** e **os flagelos** e **participar na organização do fuso** de divisão durante o processo da divisão celular.

Nas células que possuem cílios e flagelos, cada uma destas estruturas resulta do prolongamento de um centríolo para o exterior da célula. Um dos centríolos coloca-se junto à superfície externa da célula e, de cada feixe de três túbulos, dois alongam-se; ao crescerem, os túbulos empurram a membrana plasmática, que também se vai alongando, acompanhando o crescimento.

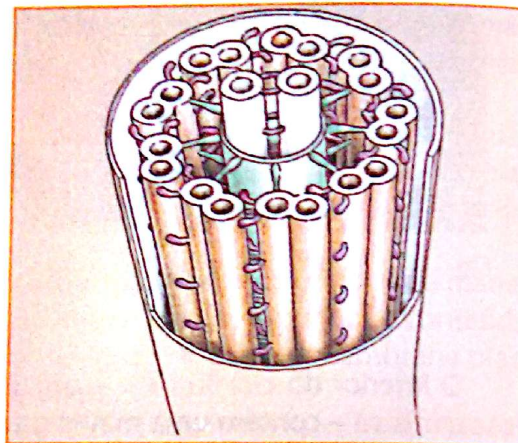


Fig. 22 Estrutura dos cílios e flagelos

Os cílios são normalmente curtos e numerosos e têm movimentos pendulares – **batimentos**. Já os flagelos são longos, existindo apenas um ou muito poucos por célula apresentando movimentos sinuosos – **ondulações**.

Os **cílios** estão presentes em alguns organismos unicelulares e nas células que revestem superfícies internas de certos canais como é o caso da traqueia dos mamíferos.

Os **flagelos** também existem em seres unicelulares e nas células sexuais masculinas. Assim, os movimentos ciliares e flagelares permitem o deslocamento possibilitando a exploração do ambiente ou mesmo a captura de alimento.

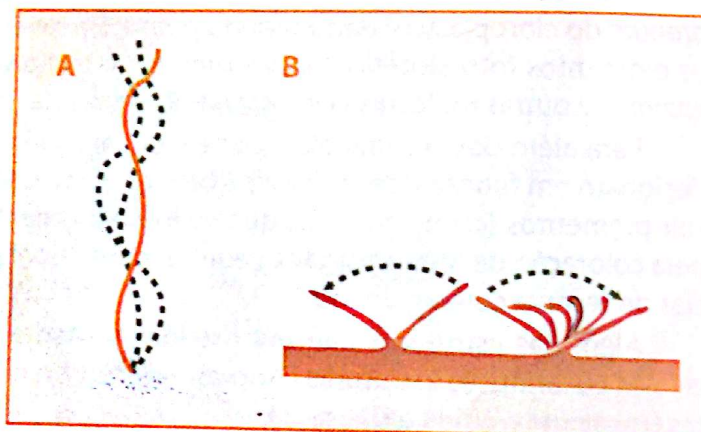


Fig. 23 O movimento dos flagelos (A) é ondulatório, enquanto os cílios (B) têm movimentos pendulares.

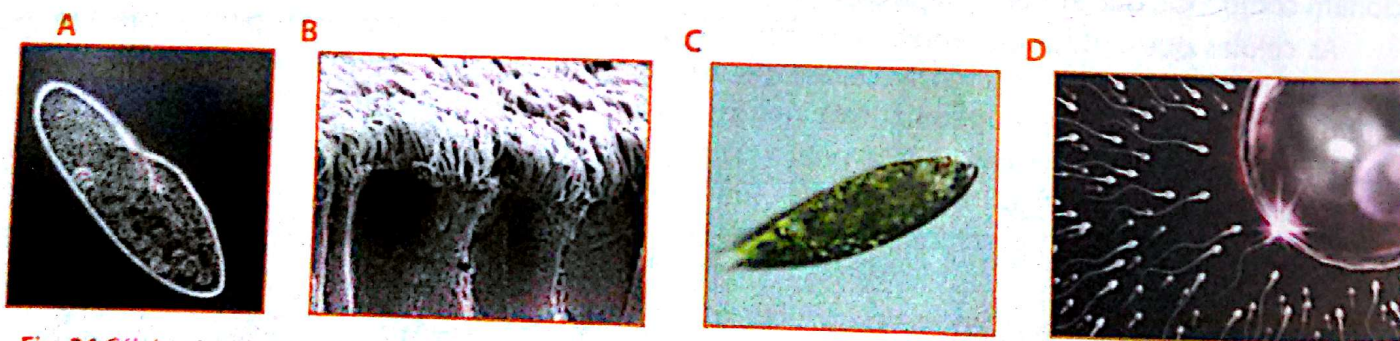







Fig. 24 Células dotadas de cílios (A – paramécia, B – células de revestimento da traqueia dos mamíferos) e células dotadas de flagelos (C – euglena, D – espermatozóide)



**Quadro 3:** Síntese sobre os organelos celulares e suas funções

Organelo celular	Funções principais
<b>Estruturas membranares com membrana simples</b>	
<b>Membrana plasmática</b> 	Regula todas as trocas de substâncias entre a célula e o meio externo mantendo assim a constituição característica do citoplasma. Proteção e recepção de mensagens.
<b>Retículo endoplasmático</b> 	Responsável pela síntese e circulação das proteínas sintetizadas pelos ribossomas presentes na parede do retículo endoplasmático rugoso. O retículo endoplasmático liso intervém na síntese de lípidos.
<b>Complexo de Golgi</b> 	Local de acumulação e transformação de proteínas. Associado a processos de secreção e à formação de lisossomas.
<b>Lisossomas</b> 	Associados à degradação de macromoléculas (digestão intracelular).
<b>Vacúolos</b> 	Regulação do fluxo de água e íons entre a célula e o meio. Armazenamento de substâncias diversas.
<b>Estruturas membranares com membrana dupla</b>	
<b>Núcleo</b> 	Contém toda a informação genética, o que lhe permite controlar a actividade celular. A membrana nuclear delimita e protege este organelo, em que os poros nucleares regulam todas as suas trocas com o citoplasma.
<b>Mitocôndrias</b> 	Responsáveis pela respiração celular
<b>Cloroplastos</b> 	Responsáveis pela fotossíntese
<b>Estruturas não membranares</b>	
<b>Ribossomas</b> 	Síntese de proteínas
<b>Estruturas tubulares</b>	
<b>Centríolos</b> 	Organização do fuso de divisão durante o processo de divisão celular Originam os cílios e os flagelos.
<b>Cílios e flagelos</b> 	Associados ao movimento



## Composição química da célula

A análise da matéria que constitui os seres vivos revela abundância de **água**: cerca de 75 a 85% do peso de qualquer ser vivo é devido a essa substância. Os demais constituintes moleculares de um organismo vivo são **proteínas** (10 a 15%), **lípidos** (2 a 3%), **hidratos de carbono** (1%) e **ácidos nucleicos** (1%). Há também uma pequena quantidade de outras substâncias que abrangem, por exemplo, os **sais minerais** e as **vitaminas** (1 a 3%).

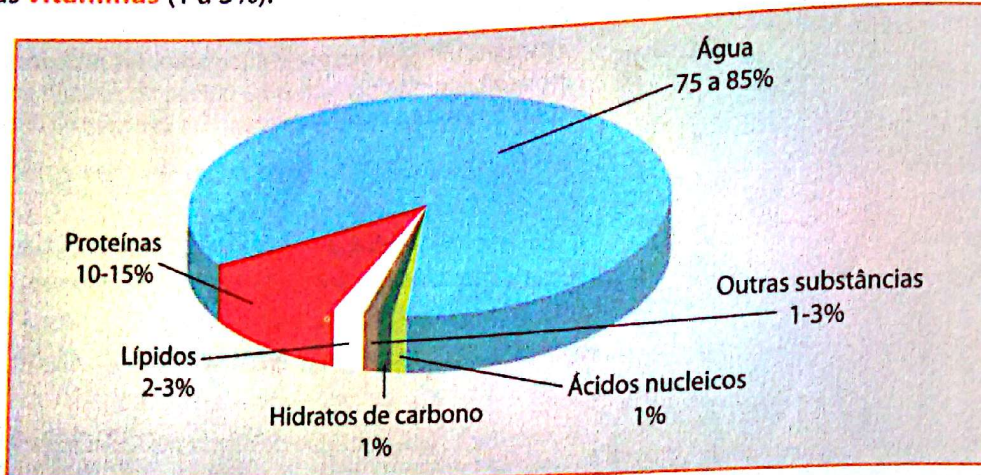


Fig. 25 Composição química da matéria viva

O esquema e o quadro seguintes indicam, aproximadamente, a percentagem média de algumas substâncias encontradas em células animais e vegetais.

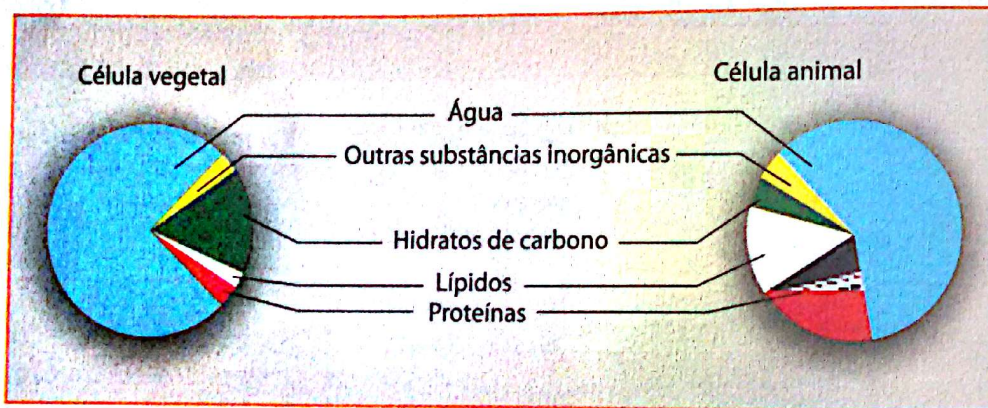


Fig. 26 Composição química das células animal e vegetal

### Quadro 4: Composição química da célula

Substâncias químicas da célula	Célula animal (%)	Célula vegetal (%)
Água	60,0	70,0
Sais minerais	4,3	2,45
Hidratos de carbono	6,2	18,0
Lípidos	11,7	0,5
Proteínas	17,8	4,0

Quanto aos elementos químicos, a matéria viva é constituída principalmente por **carbono**, **hidrogénio**, **oxigénio** e **nitrogénio**, além de menores quantidades de **fósforo** e **enxofre**. Estes elementos constituem aproximadamente 96% dos átomos da maior parte dos organismos e podem fazer parte de moléculas simples como a água ou, então, de moléculas complexas como as proteínas. No entanto, as substâncias químicas dividem-se em **substâncias inorgânicas** e **orgânicas**.



A **água** e os sais minerais são exemplos de **substâncias inorgânicas**.

Uma molécula de água é formada por dois átomos de hidrogénio ligados a um átomo de oxigénio ( $H_2O$ ). As principais funções da água nos seres vivos estão relacionadas com:

- **Actuação como solvente** – como dissolve um grande número de substâncias, a água é considerada o solvente universal. Ao separar partículas, como iões e moléculas, a água facilita a ocorrência de reacções químicas.
- **Funcionamento enzimático** – as enzimas, substâncias orgânicas que aumentam a velocidade das reacções químicas, só agem em meio aquoso.
- **Meio de transporte** – o fluxo de água, tanto dentro das células quanto entre uma célula e outra, permite uma eficiente distribuição de substâncias no corpo dos organismos.
- **Protecção térmica** – mesmo que receba ou perca muito calor, a água sofre uma pequena modificação. Os seres vivos, que são constituídos por uma grande quantidade de água, estão protegidos contra bruscas oscilações da temperatura corporal.

Os **sais minerais** podem ser encontrados dissolvidos na água (na forma de iões), na forma de cristais (em esqueletos, cascas de ovos ou carapaças de insectos, por exemplo) ou compondo substâncias mais complexas (por exemplo: o ferro, na molécula da hemoglobina e o magnésio, na molécula da clorofila).

São importantes em diversas actividades, tais como:

- **Regulação da quantidade de água** – quando o meio intracelular tem maior concentração de partículas dissolvidas, a água flui do meio extracelular para dentro da célula; quando o meio extracelular é mais concentrado, a célula perde água. Este fluxo de água será discutido oportunamente, no capítulo de Fisiologia.
- **Modificação das propriedades da célula** – os iões minerais são tão importantes que pequenas variações na sua percentagem influenciam propriedades, tais como permeabilidade da membrana, viscosidade do citoplasma e a capacidade de responder a estímulos.

A condição para que uma molécula seja classificada como **orgânica** é que ela tenha carbono na sua estrutura. Daí, o carbono forma a estrutura básica de todas as moléculas orgânicas (atenção à excepção: embora a molécula de dióxido de carbono contenha o elemento químico carbono, esta é considerada substância inorgânica). Muitas substâncias orgânicas são polímeros, ou seja, macromoléculas constituídas pela união de moléculas menores (monómeros) que se sucedem de forma repetitiva.

Os **hidratos de carbono**, também chamados **glúcidos** ou **açúcares**, são constituídos, basicamente, por átomos de carbono, hidrogénio e oxigénio. Os hidratos de carbono classificam-se em:

- **Monossacarídeos** – são os hidratos de carbono mais simples.

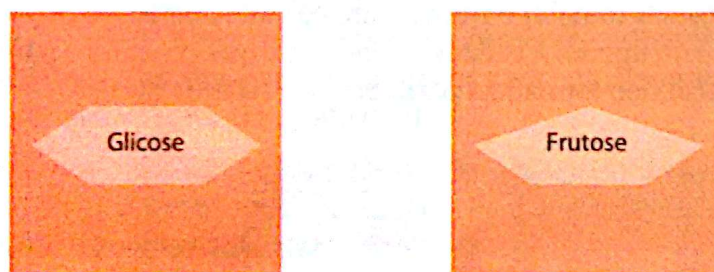


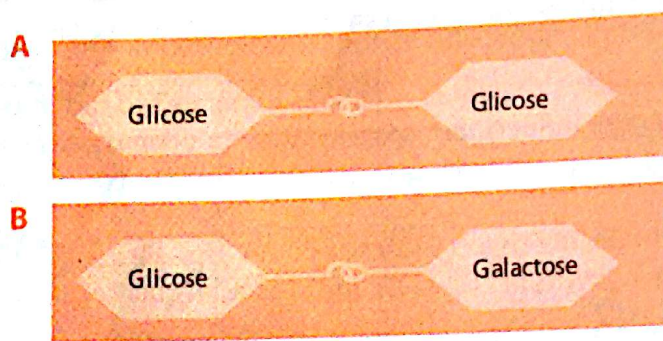
Fig. 27 Representação esquemática de monossacarídeos



**Quadro 5:** Monossacarídeos mais frequentes nos seres vivos e suas respectivas funções

Monossacarídeo	Função biológica
Ribose	Matéria-prima necessária à produção de ácido ribonucleico (ARN).
Desoxirribose	Matéria-prima necessária à produção de ácido desoxirribonucleico (ADN).
Glicose	Molécula mais usada pelas células na obtenção de energia. Fabricada pelas partes verdes dos vegetais, na fotossíntese. É abundante em vegetais, no sangue e no mel.
Frutose	Desempenha papel fundamentalmente energético.
Galactose	Um dos monossacarídeos componentes da lactose do leite; também tem papel energético.

• **Oligossacarídeos** – são moléculas constituídas pela união de dois a dez monossacarídeos. Os oligossacarídeos mais importantes são os dissacarídeos, como a **sacarose** (açúcar de cana) constituída por uma molécula de glicose ligada a uma de frutose, a **maltose** (açúcar de malte) formada pela ligação de duas moléculas de glicose e a **lactose** (açúcar de leite) que resulta da união de uma molécula de glicose com uma de galactose.



**Fig. 28** Representação esquemática de dissacarídeos (A – Maltose, B – Lactose)

• **Polissacarídeos** – são moléculas grandes (macromoléculas), formadas pela união de dezenas, centenas ou milhares de moléculas de monossacarídeos. Os principais polissacarídeos de reserva energética são polímeros de glicose. Nos vegetais, é o **amido**, presente em sementes (arroz, feijão), raízes (mandioca), caules (batata) e frutos (banana); nos animais, é o **glicogênio**, armazenado em células musculares e no fígado. A celulose, substância que constitui a parede das células vegetais, é também um polissacarídeo formado a partir de moléculas de glicose.



**Fig. 29** Representação esquemática de polissacarídeos

Os **lípidos** constituem um grupo de substâncias orgânicas, cuja propriedade mais marcante é a sua baixa solubilidade em água. São substâncias abundantes em animais e vegetais e compreendem os **óleos**, as **gorduras**, as **ceras**, os **lípidos compostos** (fosfolípidos, por exemplo) e, finalmente, os **esteróides**.



**Quadro 6:** Lípidos mais frequentes nos seres vivos e suas respectivas funções

Tipos de lípidos	Exemplos	Função biológica
Lípidos simples	Óleos e gorduras	Reserva energética de animais e vegetais. Em alguns animais funcionam como isolante térmico impedindo perda de calor do corpo para o meio. Funcionam também como amortecedores contra impactos mecânicos.
	Ceras	Impermeabilização de superfícies sujeitas à desidratação dificultando a passagem de água. Estão presentes na pele, nos pêlos, nas penas e no exoesqueleto de artrópodes. Recobrem superfícies de folhas e frutos.
Lípidos compostos	Fosfolípidos	Abundantes no tecido nervoso e nas membranas plasmáticas.
Esteróides	Colesterol	Componente das membranas celulares, dá origem a outros esteróides como os das hormonas sexuais.
	Testosterona, Progesterona, Estrogénio	Hormonas relacionadas com a actividade sexual, caracteres sexuais secundários e gravidez.

As **proteínas** são macromoléculas compostas por unidades de aminoácidos. Elas desempenham muitas funções, tais como:

- **Material de construção** – as proteínas têm importância fundamental na estrutura dos seres vivos. Fazem parte da arquitectura de todas as células, dão consistência ao conteúdo celular e formam as fibras dos tecidos que sustentam o corpo. Os cabelos, as unhas e as penas são materiais que contêm a proteína estrutural chamada **queratina**. O **colagénio** é uma outra proteína estrutural que é abundante nos tendões, cartilagens e ossos.
- **Catalização das reacções químicas** – numa célula, a manutenção da vida depende da ocorrência de reacções químicas variadas. A realização de todas essas reacções químicas depende em grande parte de proteínas especiais, as **enzimas**, que actuam como **catalisadores** (substâncias que aceleram as reacções químicas, sem serem consumidas durante o processo). O papel de qualquer enzima é muito específico, ou seja, uma determinada enzima facilita a ocorrência de uma determinada reacção química.
- **Defesa** – quando uma proteína estranha (**antigénio**) penetra num organismo animal ocorre a produção de uma proteína de defesa chamada **anticorpo**. A molécula de anticorpo liga-se quimicamente ao antigénio, neutralizando o seu efeito. Os anticorpos, da mesma forma como as enzimas, são específicos. Assim, determinado anticorpo actua somente contra aquele antigénio particular que induziu a sua formação. Saber como funcionam os anticorpos permitiu o desenvolvimento de vacinas extremamente importantes em saúde pública.
- **Transporte** – as proteínas transportadoras recebem substâncias num lugar e libertam-nas noutra. A hemoglobina é uma das proteínas transportadoras mais importantes dos animais. Transporta o oxigénio e o dióxido de carbono no sangue.

Os **ácidos nucleicos** são moléculas que possuem, além de **açúcar** (**desoxirribose** na molécula de ADN e **ribose** na molécula de ARN), **ácido fosfórico** e quatro tipos de **bases nitrogenadas**. Entre essas bases, três são idênticas nos dois tipos de ácidos nucleicos: **adenina**, **citossina** e **guanina**. A quarta base difere nos dois tipos de moléculas: no ADN está presente a **timina**, enquanto no ARN está presente a **uracila**. Os ácidos nucleicos estão relacionados com o controlo da actividade e da estrutura das células e com os mecanismos da hereditariedade.



As **vitaminas** são compostos orgânicos de que o organismo necessita em pequenas quantidades e que regulam inúmeras funções vitais. Os animais, incluindo a espécie humana, têm de obter as vitaminas através do alimento, uma vez que os seus organismos não conseguem fabricá-las. As vitaminas são necessárias para uma vida saudável. Uma dieta deficiente em vitaminas altera o metabolismo das células e causa sérios problemas de saúde.



## Experiência

### Identificação de substâncias inorgânicas e orgânicas

As substâncias inorgânicas e orgânicas podem ser identificadas a partir de reacções químicas características.

Procure identificar algumas substâncias químicas, tais como: amido, glicose, lípidos, proteínas e vitamina C. Proceda de acordo com as indicações do quadro 7.

#### Procedimento de segurança

Aqueça cuidadosamente, movimentando o tubo de ensaio cerca de 1 cm em cima da chama. Não aponte a abertura do tubo de ensaio para o seu colega.

**Quadro 7:** Reacções químicas características de algumas substâncias inorgânicas e orgânicas

Substância a identificar	Reagente característico	Procedimento	Observação característica
Amido	Água iodada	Num tigela coloque um pedaço de mandioca, batata ou farinha de trigo. Adicione algumas gotas de água iodada.	A água iodada toma a cor azul intensa.
Glicose	Solução de Fehling I e II	Num tubo de ensaio deite um pouco de sumo de cana-de-açúcar. Adicione duas a três gotas de solução de Fehling I e duas a três gotas de solução de Fehling II. Aqueça.	Forma-se um precipitado cor de tijolo.
Proteína	Ácido nítrico Amónia (Reacção xantoproteica)	Num tubo de ensaio deite um pouco de água e clara de ovo. Agite e depois aqueça. Num outro tubo de ensaio deite também um pouco de água e clara de ovo. Agite e adicione uma gota de ácido nítrico. Aqueça. Deixe arrefecer e junte algumas gotas de amónia.	Durante o aquecimento, a clara de ovo coagula. Com ácido nítrico forma-se um coágulo amarelo. Juntando amónia aparece uma coloração alaranjada.
Lípidos	-	Num tubo de ensaio junte azeite e igual quantidade de água. Agite energicamente. Deixe o tubo em repouso alguns minutos. Coloque umas gotas de azeite sobre papel. Deixe secar ao sol durante 10 minutos.	O azeite mistura-se com a água, formando uma emulsão. O azeite separa-se da água, ficando à superfície. Forma-se uma mancha translúcida (mancha gordurosa) que não desaparece por acção de calor.



Substância a identificar	Reagente característico	Procedimento	Observação característica
Vitamina C	Água iodada	Num tubo de ensaio junte a 5 ml de água iodada um pouco de sumo de laranja.	A água iodada perde a sua coloração.
Água	-	Aqueça numa tigela pequena um pedaço fino dum batata. Coloque uma distância de cerca de 3 cm uma placa de vidro.	A água contida nas células da batata evapora e depois condensa na placa de vidro formando gotículas de água.

Utilize as reacções químicas indicadas no quadro para proceder à pesquisa da presença das substâncias orgânicas e inorgânicas. Preencha o quadro, assinalando com + ou -, respectivamente, as reacções positivas e negativas.

**Quadro 8:** Pesquisa da presença de substâncias inorgânicas e orgânicas

	Material biológico							
	Alface	Banana	Batata	Cebola	Limão	Castanha	Leite	Peito de frango
Hidratos de carbono								
Proteínas								
Lípidos								
Água								
Vitamina C								



## Difusão

Numa solução com determinada concentração, o fluxo de moléculas do soluto é idêntico em todas as direcções, o que explica o facto de que a solução mantenha a sua concentração ao longo do tempo.

Se numa solução houver zonas de diferentes concentrações, então haverá um maior fluxo de moléculas da zona de maior concentração para a de menor concentração até que a sua distribuição seja uniforme. A este movimento de moléculas chama-se **difusão**.

Como o movimento das moléculas da região de maior concentração para a de menor concentração ocorre sem gastos de energia, ou seja, a favor do gradiente de concentração (diferença entre a concentração de moléculas entre duas regiões), a difusão é uma **difusão simples**. O mecanismo considera-se como **transporte passivo**.

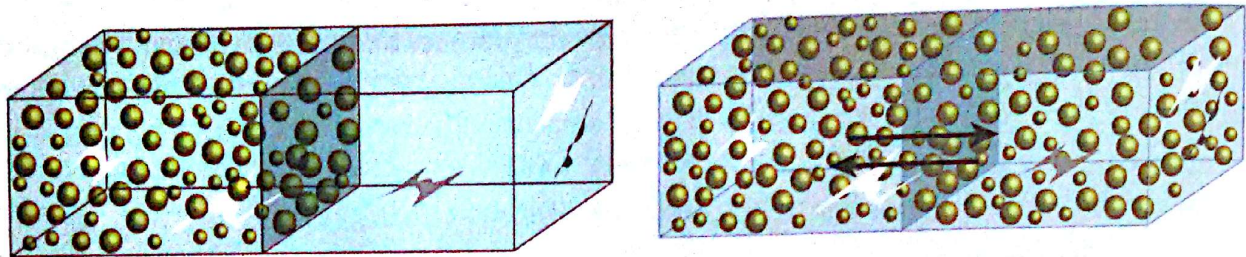


Fig. 30 Modelo evidenciando o movimento de moléculas por difusão.

Ocorre **difusão facilitada** quando as moléculas atravessam a membrana plasmática a favor do gradiente de concentração sem gasto de energia, mas, com velocidade superior à que ocorreria se fosse por difusão simples. O transporte deste tipo só poderá ocorrer através de proteínas específicas da membrana que intervêm como proteínas transportadoras. A especificidade destas proteínas deve-se ao facto de terem locais específicos a que se liga a substância a transportar até ser libertada do lado oposto da membrana. O transporte de glicose, na maioria das células, por exemplo, ocorre por difusão facilitada.

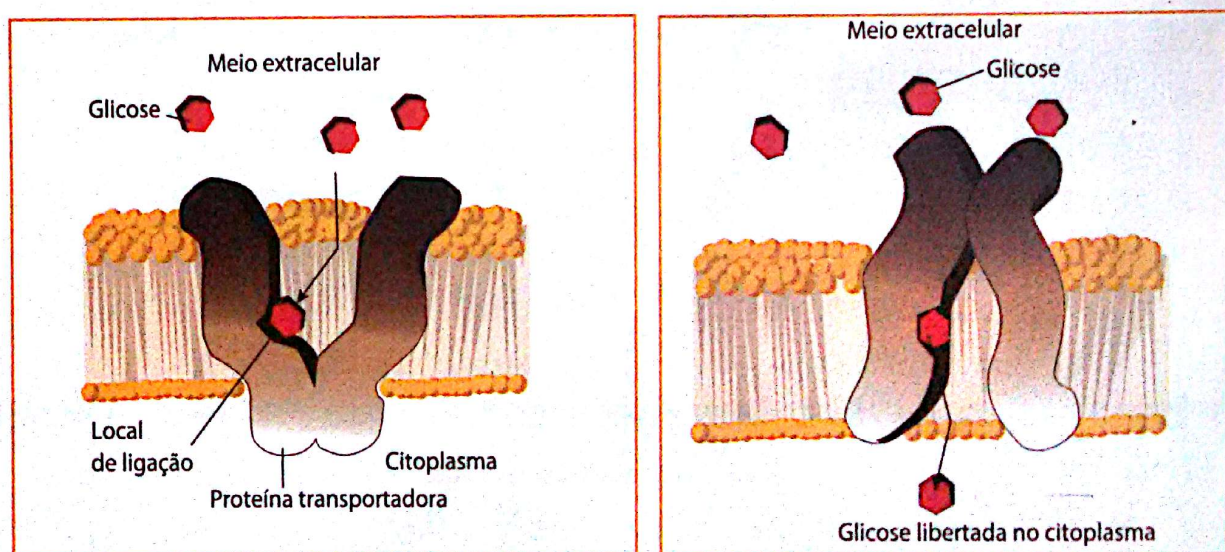


Fig. 31 Difusão facilitada



## Osmose

A **osmose** é um tipo particular de difusão. Se colocarmos uma gota de mel no fundo de um copo com água, as moléculas de glicose que constituem o mel difundem-se para a água circundante. As moléculas de água também se difundem para o interior da gota de mel, pois nela a concentração de água é bem menor do que no meio circundante. A difusão termina quando as concentrações se igualam em todas as regiões do copo. Imaginemos, agora, que o açúcar está dentro de um saquinho feito de membrana de celofane, cujos poros são tão finos que permitem apenas a passagem de moléculas de água e impedem a saída de moléculas de glicose. A água do copo tende a difundir-se para o interior do saquinho de celofane onde a sua concentração é menor. As moléculas de glicose, porém, não se conseguem difundir para fora do saquinho, de modo que a tendência é a entrada contínua de água que fará o saquinho inchar. Neste sistema a membrana de celofane é **semipermeável**: deixa passar apenas a água, o solvente, e impede a passagem da glicose, o soluto. Através de uma membrana semipermeável ocorre difusão apenas do solvente, processo denominado **osmose**.

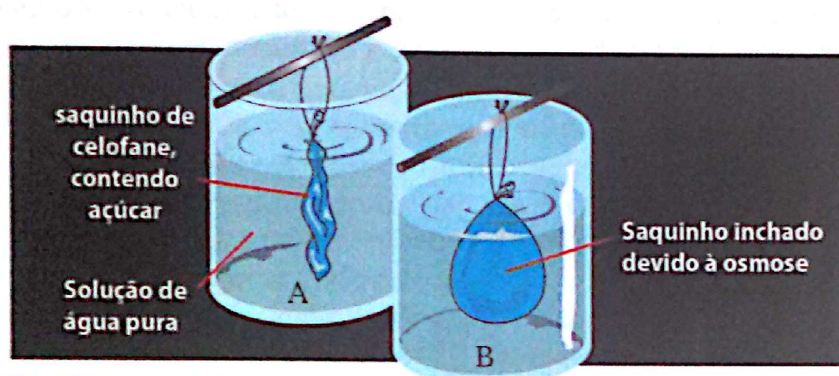


Fig. 32 Fenômeno da osmose

O facto de as células vivas serem delimitadas pela membrana plasmática faz com que estejam sujeitas a sofrer uma osmose. Dependendo da concentração do líquido extracelular, a célula pode sofrer a osmose, perdendo ou ganhando água.

Se o meio que circunda a célula tem concentração de soluto **equivalente** à do líquido citoplasmático, o meio é **isotónico** em relação ao interior celular. A quantidade de água que entra na célula equivale à que sai e, portanto, não ocorre osmose. A água pura e soluções menos concentradas do que o citoplasma celular são denominadas **hipotónicas**. Se uma célula é mergulhada numa solução hipotónica, a água tende a entrar na célula devido ao facto de a sua concentração no meio circundante ser maior do que a concentração de água dentro da célula. Uma solução mais concentrada do que o citoplasma celular é designada por **hipertónica**.

Na figura 33 pode-se ver o comportamento das células animais e vegetais em soluções de diferentes concentrações.

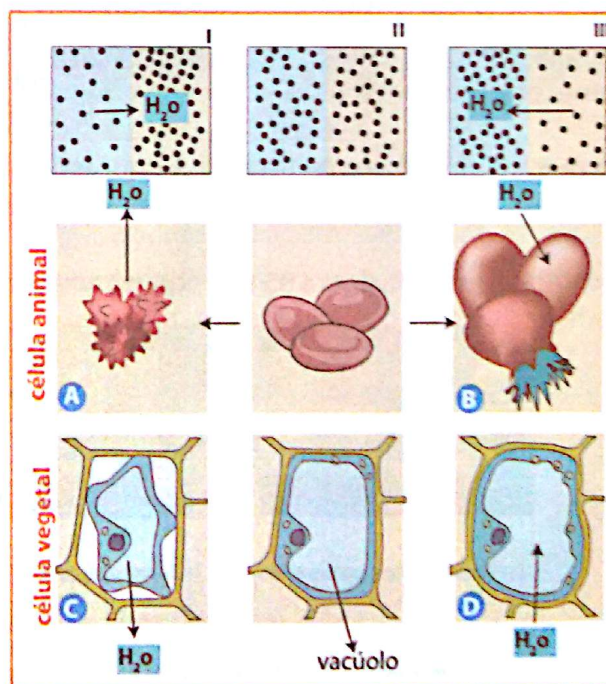


Fig. 33 Comportamento de uma célula animal (acima) e vegetal (abaixo) em soluções de diferentes concentrações



## Transporte activo

Muitas vezes a célula tem de contrariar a tendência natural da difusão no transporte de determinadas substâncias através da membrana. Este tipo de transporte é chamado **transporte activo**. Ele decorre contra o gradiente de concentração, isto é, da região de menor concentração para a de maior concentração, o que implica **gasto de energia**. Neste transporte, deve haver sempre a intervenção de proteínas transportadoras que se encontram na membrana.

Um caso de transporte activo bem conhecido é o bombeamento de iões sódio ( $\text{Na}^+$ ) e potássio ( $\text{K}^+$ ) através das membranas celulares. Numa hemácia (glóbulo vermelho) a concentração de ião sódio ( $\text{Na}^+$ ) é muito menor do que a concentração de sódio no plasma sanguíneo. Em termos de difusão, o ião sódio deveria entrar na hemácia até que as concentrações de fora e dentro se iguallassem. No entanto, isso nunca acontece: enquanto a hemácia tiver vida, a sua concentração interna de  $\text{Na}^+$  continua baixa. O que acontece é o seguinte: os iões de sódio penetram continuamente na célula por difusão. Porém, a membrana está, ao mesmo tempo, expulsando iões de sódio da hemácia. Essa expulsão faz-se por transporte activo à custa de um trabalho constante por parte da hemácia. Já a situação do ião potássio na hemácia é inversa: a concentração de potássio na hemácia é sempre muito superior à do plasma sanguíneo. O potássio tende, por difusão, a fugir da hemácia, porém, a membrana reabsorve-o constantemente, gastando energia neste processo.

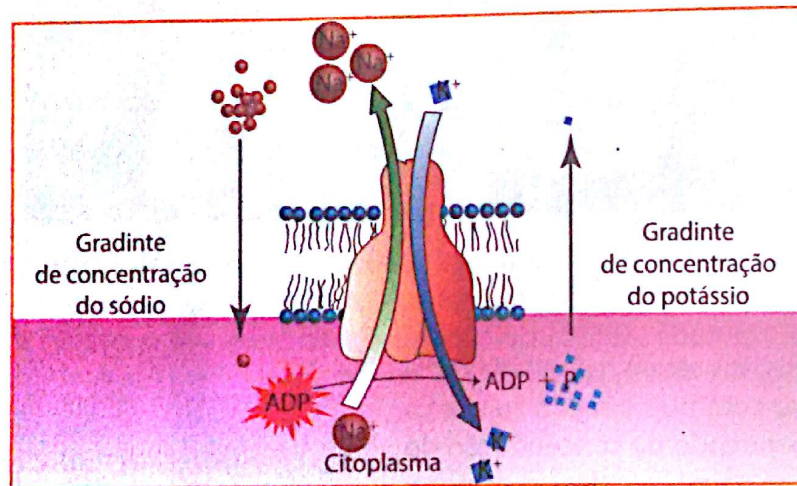


Fig. 34 Representação esquemática de bombeamento de iões sódio ( $\text{Na}^+$ ) e potássio ( $\text{K}^+$ )

Resumindo, a figura 35 compara o transporte passivo com o transporte activo.

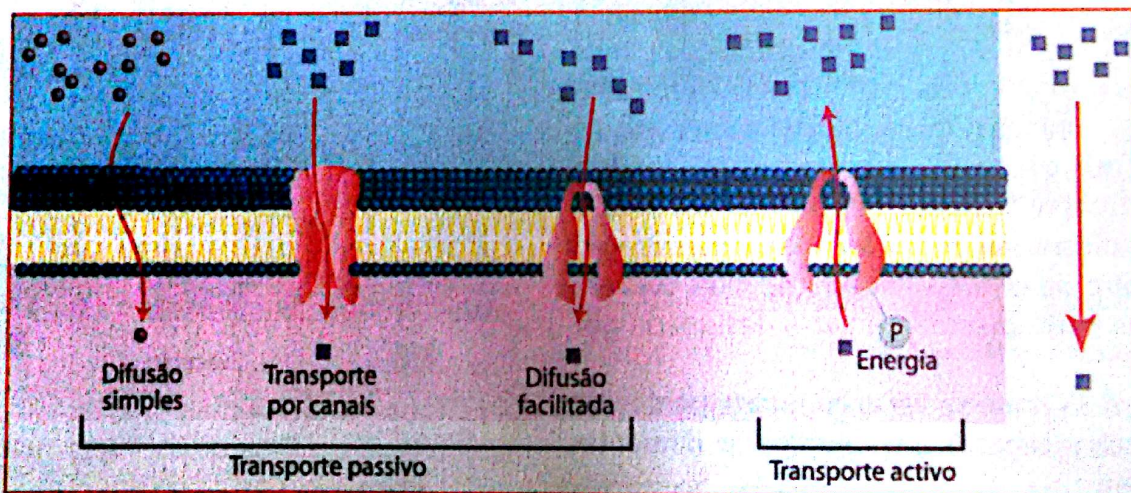
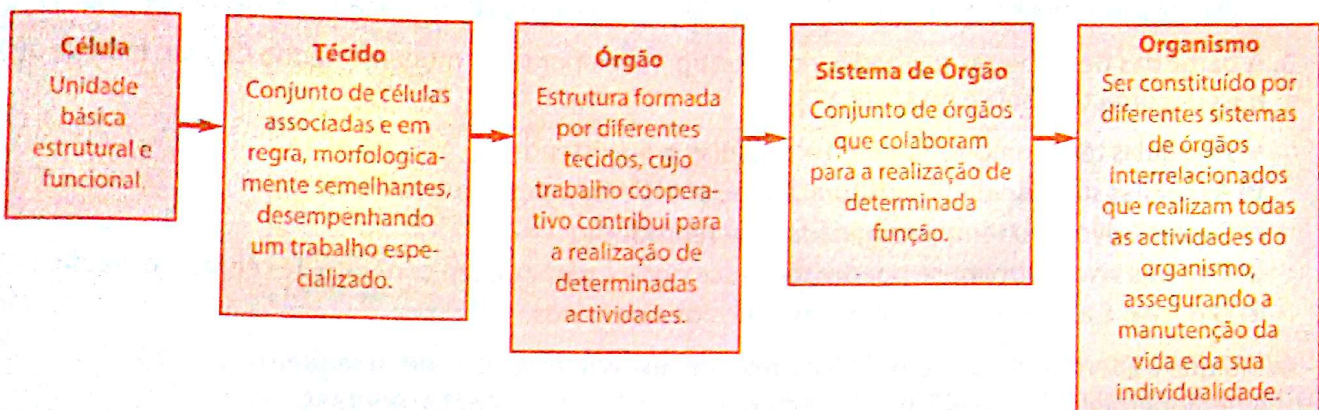


Fig. 35 Comparação do transporte passivo com o activo



## Funções vitais da célula

A célula como unidade básica estrutural e funcional de todos os seres vivos apresenta funções que possibilitam distinguir os seres vivos dos não vivos.



Consideram-se os processos físicos e químicos como base das funções vitais da célula.

Toda a actividade de **transformação química**, que vai desde a produção de energia até à montagem e desmontagem de substâncias químicas, constitui o **metabolismo celular**. No entanto, fazem parte do metabolismo celular os processos de **catabolismo** (desdobramento de moléculas complexas em moléculas menores e mais simples) e de **anabolismo** (construção dos componentes estruturais e funcionais da célula utilizando a energia gerada pelo catabolismo).

A **reprodução** refere-se à formação de novas células. Durante este processo transmite-se o material hereditário. A reprodução através do processo da divisão celular é fundamental para o **crescimento** (aumento em tamanho) e **desenvolvimento** (diferenciação pela qual as células sofrem modificações dando origem a grupos de células com formas variadas, cada qual adaptada ao exercício de uma determinada função).

Entre as células e mesmo no interior delas realizam-se certos **movimentos** que incluem processos físicos como os da osmose, da difusão, do transporte activo ou do transporte através de canais iónicos. Com a **morte** da célula, os movimentos celulares cessam completamente, o que confirma, de facto, que o movimento é uma propriedade inerente à vida.

As células, além de trocarem pequenas moléculas e iões, têm a capacidade de incluir (através da endocitose ou fagocitose) macromoléculas ou mesmo partículas de dimensões variadas. Consideram-se estes processos como básicos para uma **alimentação**.

Células diferentes detectam diferentes alterações e respondem de maneira característica às mudanças no meio externo (ambiente fora da célula) ou no meio interno (ambiente dentro da célula). Sendo assim, as células têm a capacidade de responder aos **estímulos do ambiente**.

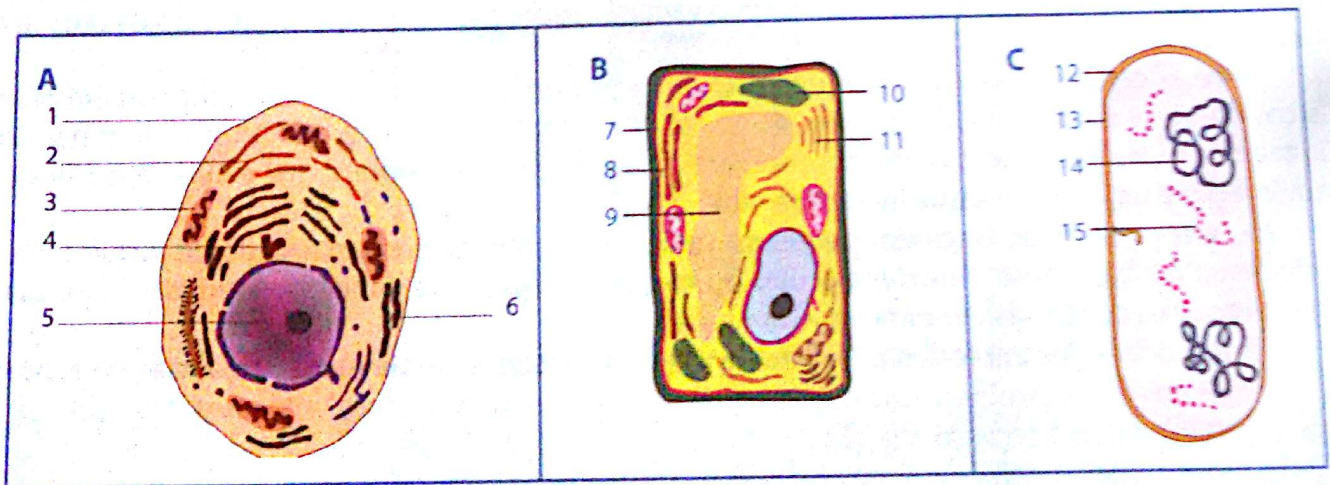




1. Elabore um pequeno comentário sobre os passos históricos da descoberta do microscópio óptico e sua importância para o desenvolvimento da Teoria Celular.
2. Existe uma grande diversidade de seres vivos. Todos eles povoam o nosso planeta desde o fundo do mar ao cume de uma montanha, dos pólos ao equador, do deserto às florestas tropicais e são constituídos pela mesma unidade estrutural e funcional. Comente esta afirmação à luz da Teoria Celular.
3. A partir das descobertas realizadas no passado, foi elaborada a moderna Teoria Celular. Indique a(s) frase(s) correcta(s) sobre esta teoria.
  - a) As células têm, sempre, a origem em células pré-existentes.
  - b) As células são a unidade estrutural e funcional de todos os seres vivos.
  - c) Os seres vivos são sempre originados por reprodução.
  - d) Os seres vivos formam-se por divisões sucessivas a partir de um conjunto de células - o tecido.
  - e) O núcleo é a unidade hereditária de todos os seres vivos.
4. Indique a alternativa que completa correctamente as afirmações que se seguem.

A descoberta da célula foi feita em 1665 por \_\_\_\_\_. Em 1838 e 1839, \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_ através de observações de estruturas que compõem as plantas e os animais, concluíram que os seres vivos são constituídos por células.

  - a) Hooke, Malpighi, Leeuwenhoek
  - b) Leeuwenhoek, Grew, Schwann
  - c) Schleiden, Hooke, Schwann
  - d) Schwann, Schleiden, Leeuwenhoek
  - e) Hooke, Schleiden, Schwann
5. Observe atentamente os esquemas referentes a células observadas ao microscópio electrónico.



- a) Faça a legenda das figuras.
  - b) Qual das figuras representa uma célula procariótica? Justifique, baseando-se nos dados da figura.
  - c) Indique pelo menos três (3) diferenças entre uma célula vegetal e animal.
6. Imagine-se observando ao microscópio óptico dois cortes: um de fígado de rato e outro da folha do tomateiro. Cite duas (2) estruturas celulares que permitiriam identificar o corte da folha de tomateiro.





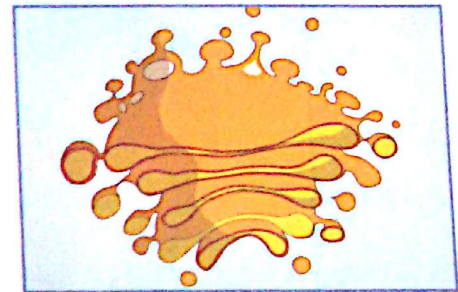
7. Considere as características das células A, B e C indicadas na tabela abaixo, relacionadas como presença (+) ou ausência (-) de algumas estruturas celulares. Determine o tipo de célula, distinguindo entre célula procariótica e célula eucariótica.

Estruturas celulares	Célula		
	A	B	C
Parede celular	-	+	+
Membrana nuclear	+	+	-
Nucléolo	+	+	-
Ribossomas	+	+	+
Complexo de Golgi	+	+	-
Mitocôndrias	+	+	-
Cloroplastos	-	+	-

8. Sabe-se que ambos os retículos endoplasmáticos liso e rugoso desempenham, em comum, algumas funções. Que função poderia ser citada como sendo exclusiva do retículo endoplasmático rugoso?

9. A estrutura celular representada no desenho ao lado é:

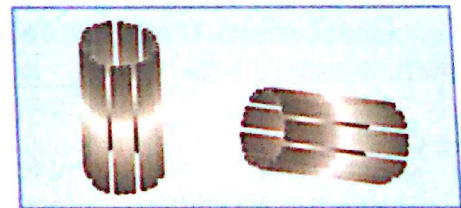
- Retículo endoplasmático.
- Núcleo.
- Membrana plasmática.
- Aparelho ou Complexo de Golgi.
- Mitocôndria.
- Cloroplasto.



10. Os lisossomas são organelos celulares que actuam nos mecanismos de digestão intracelular. Essa digestão ocorre tanto com partículas provenientes do meio externo como com partículas próprias da célula, sendo esta última denominada autofagia. Descreva em que circunstâncias a célula exerce a autofagia e como é realizado este processo.

11. O esquema abaixo representa uma estrutura celular encontrada na maioria das células eucarióticas. A partir dela originam-se:

- Cílios e flagelos.
- Lisossomas.
- Ribossomas.
- Plastos.



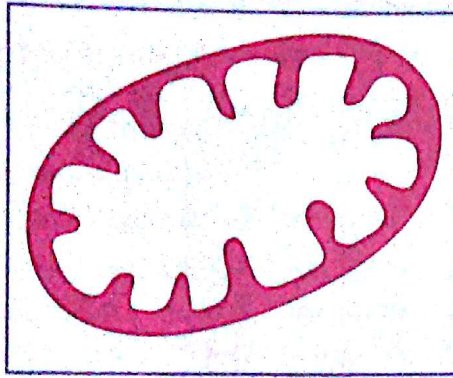
12. As células de certos organismos possuem organelos celulares que sintetizam substâncias orgânicas a partir de dióxido de carbono. Esses organelos são:

- Lisossomas.
- Mitocôndrias.
- Cloroplastos.
- Núcleo.
- Complexo de Golgi.



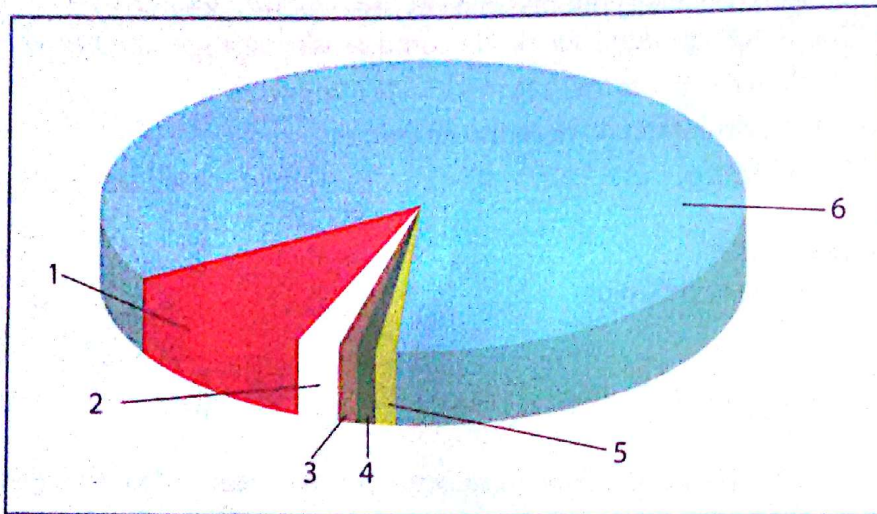


13. O organelo celular abaixo esquematizado é encontrado:



- a) Em bactérias, plantas e animais.
- b) Apenas em animais.
- c) Apenas em plantas superiores.
- d) Em bactérias e fungos.
- e) Em eucariontes.

14. Faça a legenda referente à constituição da matéria viva.



15. Defina os conceitos de monómeros e polímeros.

16. Preencha os espaços no texto que se segue com a alternativa correcta.

As substâncias que se destinam a fornecer energia, além de serem responsáveis pela rigidez de certos tecidos, sendo mais abundante nos vegetais, são os \_\_\_\_\_, sintetizados pelo processo de \_\_\_\_\_.

- a) Lípidos, fotossíntese
- b) Ácidos nucleicos, respiração
- c) Ácidos nucleicos, fermentação
- d) Hidratos de carbono, respiração
- e) Hidratos de carbono, fotossíntese

17. Diferencie as seguintes substâncias em inorgânicas e orgânicas: vitaminas, sais minerais, hidratos de carbono, água, lípidos, proteínas e ácidos nucleicos.

18. Qual é a principal diferença, em termos de tamanho e complexidade das moléculas que as constituem, entre uma substância inorgânica e uma orgânica?

19. Explique a importância da água nas reacções químicas do metabolismo.

20. Classifique os hidratos de carbono e mencione exemplos para cada grupo.

21. Indique quatro (4) funções das proteínas.

22. Diferencie ADN do ARN em relação à sua composição química.



## Fisiologia

Vamos relembrar que a substância fundamental do citoplasma, que tem recebido a denominação de **hialoplasma**, é constituída essencialmente por água (90%) e por várias moléculas orgânicas (como, por exemplo, hidratos de carbono, proteínas e vitaminas). Neste são mergulhadas as estruturas consideradas vivas, os **organelos celulares**. As estruturas não-vivas do hialoplasma são chamadas **inclusões**. O conjunto de inclusões é chamado **paraplasma**, enquanto o conjunto das estruturas vivas é denominado **protoplasma**.

## Protoplasma – um colóide

A constituição química do hialoplasma fornece uma certa resistência física da célula. Este facto é incompatível com a ideia de que o espaço entre os organelos celulares é líquido. Mas se, de facto, não é um líquido, o certo é que também não é propriamente um sólido: é uma dispersão que é denominada **colóide**. O estado coloidal é um estado físico particular que corresponde a dois tipos: o **estado gel** e o **estado sol**. Estes dois tipos diferenciam-se pela sua viscosidade: o mais viscoso designa-se por gel (encontra-se na parte periférica da célula) e o menos viscoso é chamado sol (no interior da célula).



### Ficha Informativa

O conceito de colóide é semelhante ao de solução, com a diferença que nos colóides o tamanho das partículas é maior.

Um bom exemplo de colóide é a gelatina que se prepara como sobremesa. A gelatina é uma proteína. Trata-se, portanto, de uma macromolécula que, quando dispersa em água, forma um colóide. Quando dissolvemos gelatina em água quente temos um colóide do tipo **sol**, tão fluido quanto uma solução; quando ela arrefece, torna-se mais viscosa, «endurece», formando um colóide do tipo **gel**.

A abundância de água existente no hialoplasma facilita a distribuição de substâncias como também a ocorrência de inúmeras reacções químicas.

Já deve ser do seu conhecimento que qualquer substância é constituída por moléculas em constante movimento. As moléculas deslocam-se ao acaso em linha recta e, ao colidirem com outras moléculas, alteram permanentemente a direcção do movimento. Este movimento que é designado por **movimento browniano** (ou movimento de Brown) é responsável pela distribuição das partículas uniformemente.

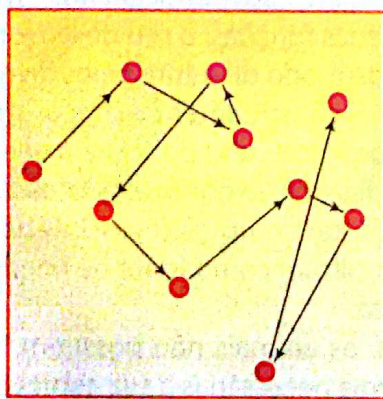


Fig. 36 Movimento browniano



## Processo de libertação de energia

A célula viva é um sistema onde ocorrem, a cada minuto, milhares de reacções químicas. Essas reacções são essenciais para que o organismo obtenha energia, se movimente, cresça e regenere as partes que se desgastam. O conjunto de todas essas actividades de transformação química e energética constitui o **metabolismo**.

As reacções metabólicas podem ser classificadas em dois tipos fundamentais: **anabolismo** e **catabolismo**.

O **anabolismo** é um conjunto de reacções de síntese, em que moléculas menores são reunidas para formar moléculas mais complexas, enquanto que as reacções de degradação de moléculas complexas constituem o **catabolismo**. É através da degradação de substâncias orgânicas que o ser vivo obtém a matéria-prima e a energia necessária à sua vida.

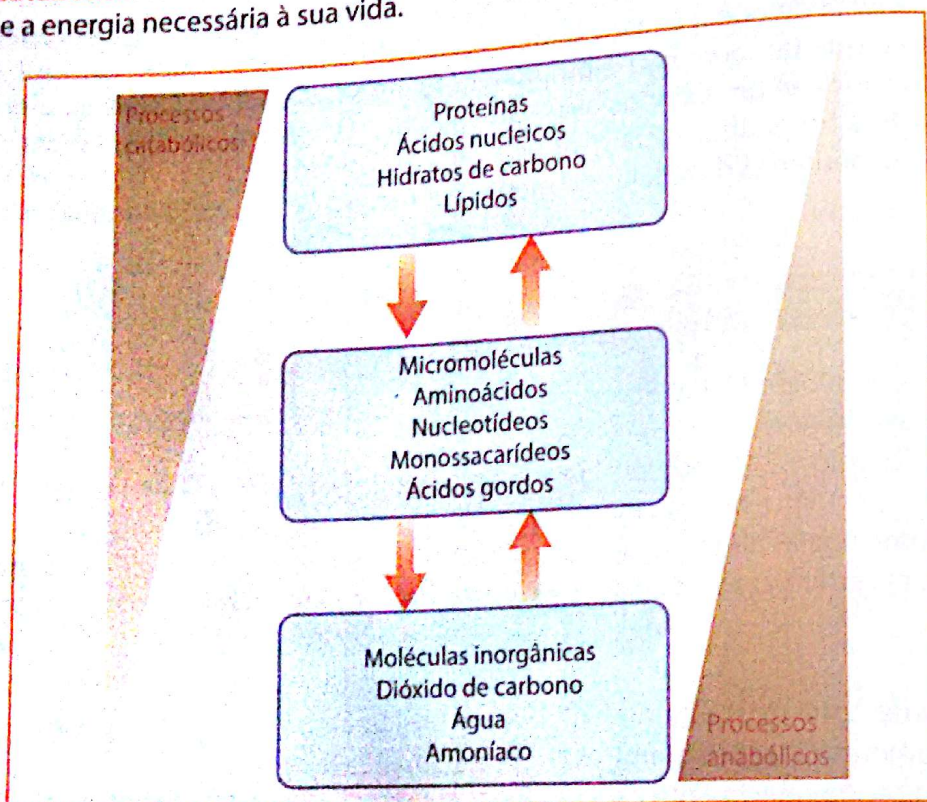


Fig. 37 Nos seres vivos, as reacções anabólicas e catabólicas estão intimamente ligadas. A energia libertada em processos catabólicos é utilizada em processos anabólicos.

## Energia e organização

Todos os seres vivos, desde os unicelulares aos pluricelulares, necessitam permanentemente de energia para assegurarem a realização das suas funções, o seu desenvolvimento e a sua manutenção. No entanto, estas necessidades são satisfeitas de modo diferente pelos diversos organismos.

Os vegetais clorofilinos fabricam os seus constituintes orgânicos utilizando sais minerais, dióxido de carbono, água e energia luminosa, isto é, com moléculas pobres em energia química elaboram moléculas com elevado teor energético. Tal processo designa-se por **fotossíntese**.

Existem **seres quimiossintéticos** que, tal como os fotossintéticos, têm capacidade de produzir matéria orgânica a partir do  $\text{CO}_2$ , mas que utilizam como fonte de energia a que é proveniente da oxidação de compostos inorgânicos, em vez de luz.

Contrariamente aos seres clorofilinos, os animais não possuem tal capacidade. É dos compostos orgânicos que eles retiram a matéria e energia necessárias à sua sobrevivência, estando assim dependentes, directa ou indirectamente, de outras formas de vida.



## Fontes de energia



### Ficha Informativa

Os primeiros seres vivos viviam num ambiente aquático de onde obtinham moléculas, ricas em energia, formadas na atmosfera e acumuladas nos lagos e mares primitivos. Os cientistas supõem que esses seres primitivos utilizavam um mecanismo para extrair a energia das moléculas obtidas. Esse mecanismo seria, provavelmente, semelhante à **fermentação**. O surgimento de seres autotróficos levou à acumulação de oxigénio na atmosfera. Isso permitiu que alguns desses seres passassem a usar o poder oxidante do oxigénio para extrair energia das moléculas de alimento através do processo de **respiração aeróbica**.

Actualmente, apenas algumas bactérias e fungos utilizam o processo de fermentação para obter energia. Todos os outros organismos, sejam autotróficos (algas e plantas) ou heterotróficos (algumas bactérias, fungos, protozoários e animais) utilizam a respiração aeróbica, um processo de obtenção de energia muito mais eficiente do que a fermentação.

Os átomos de uma molécula estão ligados entre si por determinadas forças. Pode-se considerar, assim, que existe energia «escondida» nas moléculas, chamada **energia de ligação** ou **energia química**. Quando, numa reacção química, uma molécula se transforma noutra, parte dessa energia pode ficar disponível e transformar-se noutra forma de energia. No entanto, a energia libertada pela fermentação ou respiração aeróbica nunca é usada directamente no trabalho celular. O facto de toda a energia se libertar de uma só vez numa reacção química provoca grande libertação de calor e, portanto, um aumento considerável da temperatura, o que é incompatível com a vida. Além disso, como a célula apenas utiliza, em cada momento, uma quantidade de energia relativamente pequena, haveria um grande desperdício de energia.

Assim, o processo de obtenção de energia a nível biológico não pode ocorrer numa única reacção, mas sim numa série de reacções em cadeia, ao longo das quais as substâncias orgânicas vão sendo lentamente degradadas e a energia é libertada em várias etapas, evitando-se grandes perdas de energia sob forma de calor. A energia libertada nessas reacções é inicialmente acumulada numa molécula especial, o **ATP** (adenosina-trifosfato), sob a forma de ligações químicas muito ricas em energia.

O ATP é constituído pela substância **adenina** ligada a uma **ribose** (adenina + ribose = **adenosina**) e a três grupos de **fosfato**. Os grupos de fosfato estão ligados entre si por duas ligações químicas com grande quantidade de energia. O **ATP** pode perder um grupo de fosfato e transformar-se em **ADP** (adenosina-difosfato) que tem somente uma ligação química com grande quantidade de energia.

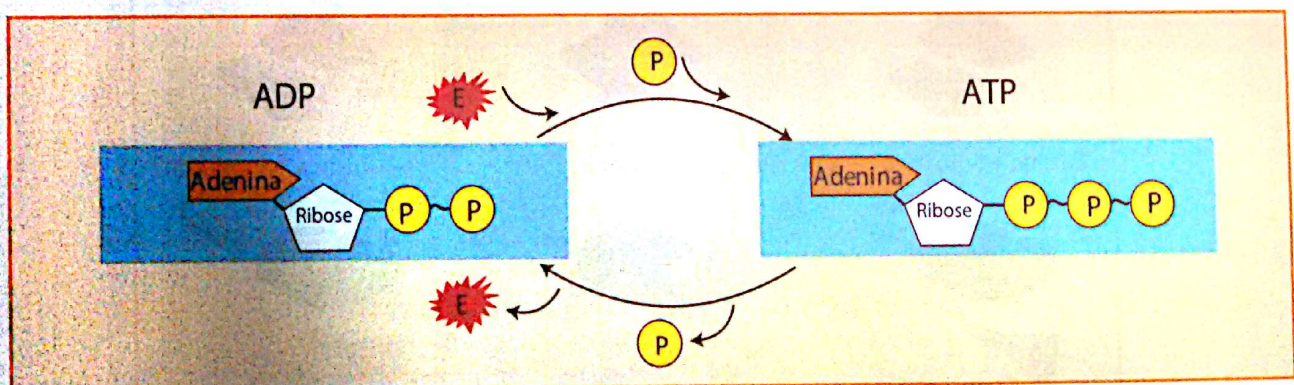


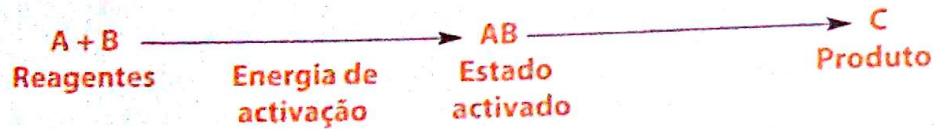
Fig. 38 Papel do ADP e do ATP no armazenamento de energia



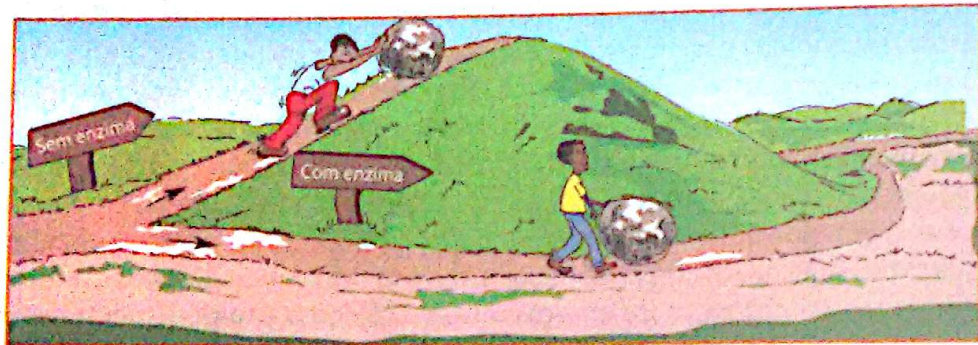
## Enzimas

As células são capazes de activar milhares de reacções indispensáveis ao seu funcionamento. Esse «poder» misterioso reside no facto de as células conterem proteínas de estrutura globular, as **enzimas**, que actuam como **catalisadores biológicos** (ou **biocatalisadores**) e se caracterizam pela sua especificidade relativamente a cada reacção ou tipo de reacção. Caso o organismo não consiga produzir uma enzima, ele não realizará a reacção específica controlada por ela, isso pode ter consequências graves, levando inclusive à morte.

É necessária certa quantidade de energia (chamada **energia de activação**) para que as reacções químicas aconteçam.



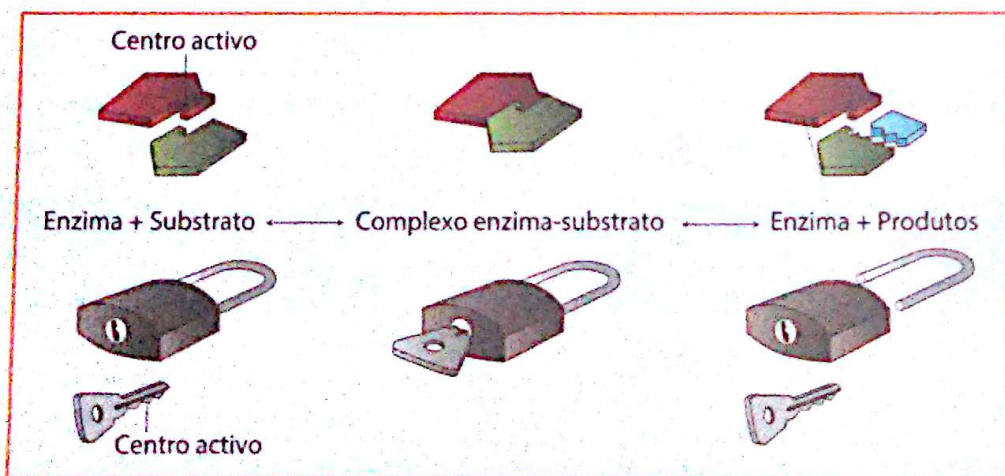
As enzimas diminuem a energia de activação necessária para que as substâncias reagentes atinjam o **estado activado**, e assim, as reacções ocorrem com maior velocidade.



**Fig. 39** É necessário que haja absorção de muita energia (energia de activação) para que ocorram reacções entre substâncias orgânicas.

As enzimas oferecem aos reagentes (denominados **substratos**) um sítio chamado **centro activo** onde eles se encaixam de modo preciso e específico, atingindo mais facilmente o estado activo.

A ligação de uma enzima com o seu substrato assemelha-se ao encaixe entre uma chave e uma fechadura com formas complementares. Esse modelo é conhecido por **chave-fechadura**.



**Fig. 40** O funcionamento das enzimas pode ser comparado com o funcionamento de chave-fechadura.



A actividade enzimática pode ser afectada por vários factores, entre os quais a **concentração do substrato** e da **enzima**, a **temperatura** e o **pH**.

Para as baixas concentrações de substrato há uma relação directa entre o aumento da concentração do substrato e a velocidade da reacção (zona A da figura 41). Para maiores concentrações do substrato, o aumento da velocidade passa a ser cada vez menor (B) e, a partir de determinada concentração, a velocidade estabiliza, mesmo que a concentração do substrato continue a aumentar (C).

Verifica-se que a velocidade de qualquer reacção enzimática é directamente proporcional à concentração da enzima, desde que haja excesso do substrato durante a reacção.

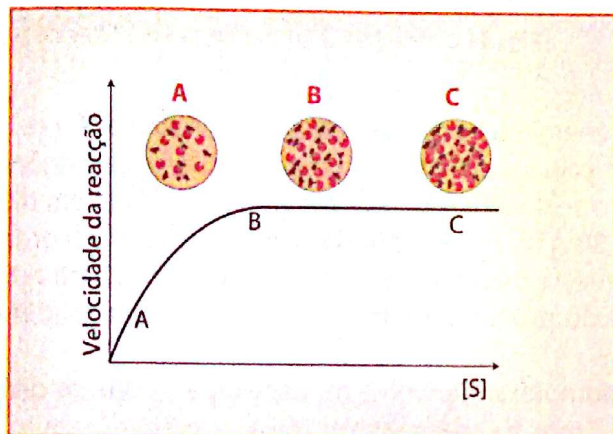


Fig. 41 Relação entre a actividade enzimática e a concentração do substrato

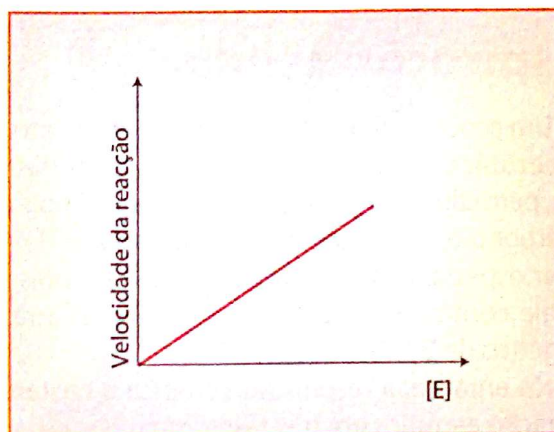


Fig. 42 Variação da velocidade da reacção em função da concentração da enzima

A velocidade das reacções químicas aumenta com a elevação de temperatura até um determinado valor, a partir do qual diminui até se anular. A temperatura para a qual a actividade enzimática é máxima designa-se por **temperatura óptima**. Temperaturas baixas ou muito elevadas dificultam a acção enzimática, podendo as altas temperaturas destruir a enzima (que é uma proteína) por desnaturação (alteração da sua conformação). Embora cada enzima tenha a sua temperatura óptima de actuação, verifica-se que a maioria das enzimas tem temperatura óptima próxima da temperatura corporal de muitos seres vivos (35 °C a 40 °C).

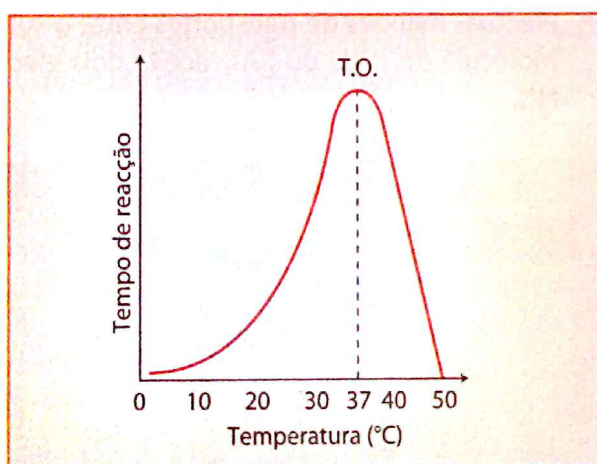


Fig. 43 Variação da actividade enzimática em função da temperatura



A alteração do pH do meio em que uma enzima actua interfere na actividade enzimática, pois provoca alterações nas cargas eléctricas do centro activo e do substrato. Cada enzima tem um **pH óptimo** de actuação, havendo, portanto, enzimas que têm a sua actividade máxima num meio ácido (A) como as do estômago, outras num meio neutro (B) como as da boca e outras num meio alcalino (C) como as do duodeno.

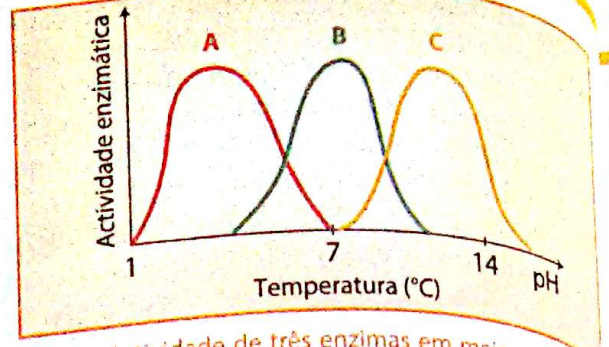


Fig. 44 Actividade de três enzimas em meios de pH diferentes

## Respiração celular

Um processo mais eficaz de aproveitamento da energia contida nos compostos orgânicos é a **respiração aeróbica**. O aparecimento de mitocôndrias nas células, associado à disponibilidade de oxigénio no meio, permitiu que nos organismos mais complexos o ácido pirúvico fosse totalmente oxidado em dióxido de carbono e água com a produção de 36 ATP ou 38 ATP. A mitocôndria surge, assim, como organelo celular especializado na produção de ATP, pois sem este organelo as células apenas poderiam retirar a energia contida nos compostos orgânicos através do processo de fermentação com um rendimento energético de 2 ATP.

No entanto, a respiração aeróbica é bastante complexa e envolve muitas etapas. Pode-se dividir a respiração aeróbica em três fases: **glicólise**, **ciclo de Krebs** e **cadeia respiratória**. Antes de descrever cada uma das etapas detalhadamente é importante saber que, da mesma forma que o ATP transporta fosfato e energia, há na célula uma categoria de substâncias que, durante as etapas da respiração, retiram hidrogénio da glicose das substâncias derivadas (como ácido pirúvico) e, em seguida, o cedem ao oxigénio. Uma dessas substâncias é o **NAD**, que existe sob duas formas: o **NAD** (forma «não-carregada» de hidrogénios) e o **NADH** (forma «carregada» de hidrogénios). A outra substância é o **FAD**, que também aparece na célula sob duas formas: o **FAD** («não-carregada» de hidrogénios) e o **FADH** (forma «carregada» de hidrogénios). **NAD** e **FAD** são, portanto, aceptores intermediários de hidrogénio: primeiro, eles retiram-nos nas diversas etapas e, depois, cedem-nos ao oxigénio. **NAD** e **FAD** não são consumidos; a mesma molécula de **NAD** ou **FAD** pode efectuar milhões de transportes entre o substrato e o hidrogénio. Cada molécula de **NAD** ou **FAD** aceita dois electrões ( $2e^-$ ) e um protão (ião  $H^+$ ).

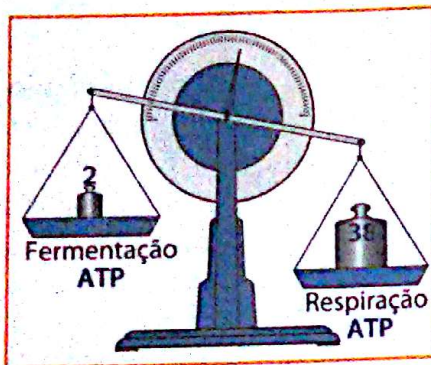


Fig. 45 A produção de ATP na respiração aeróbica é cerca de dezanove vezes mais eficiente que na fermentação.

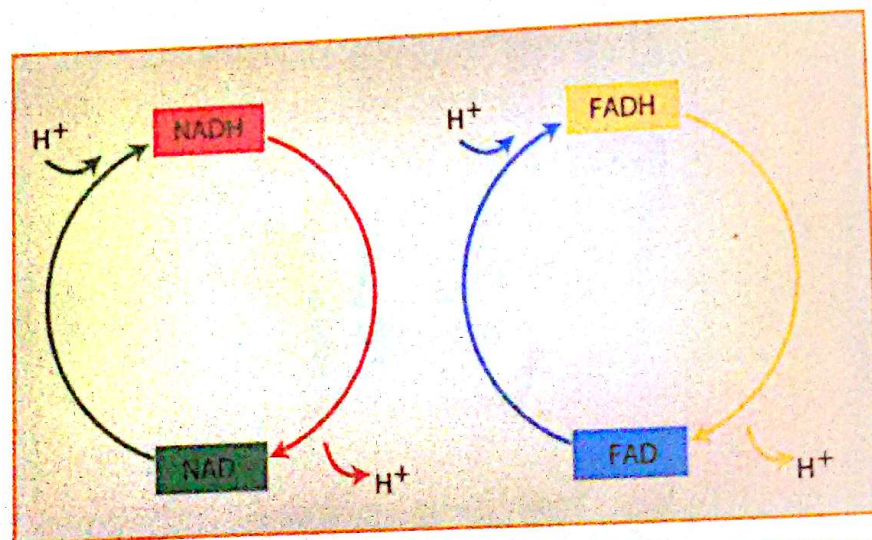


Fig. 46 A participação de aceptores intermediários no transporte de hidrogénio.



## Glicólise

A glicólise surge como um conjunto de reacções enzimáticas tendo como substrato inicial uma molécula de glicose. Para se iniciar a degradação da molécula de glicose, é necessário que seja activada (1.ª parte da glicólise: **activação da glicose**). Nos seres vivos a sua activação faz-se com energia fornecida por duas moléculas de ATP. No final desta fase, verifica-se que uma molécula de glicose dá origem a duas moléculas de um aldeído (triose, ou seja, cada uma dessas moléculas com três átomos de carbono). Seguem-se várias transformações das moléculas de aldeído (2.ª parte da glicólise: **transformação de aldeído em ácido pirúvico**) sob intervenção da co-enzima NAD que fica reduzida a NADH até formar duas moléculas de **ácido pirúvico**.

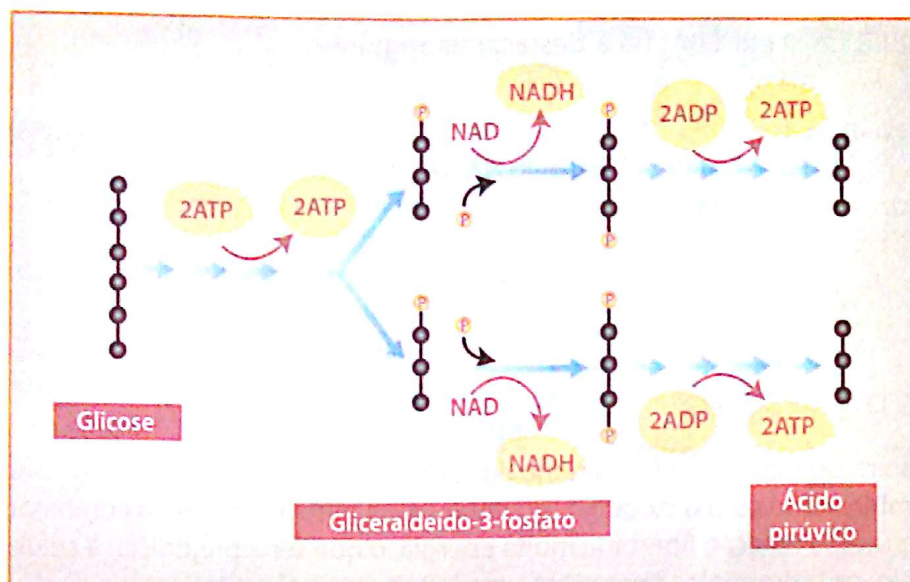


Fig. 47 Esquema da glicólise

Resumindo, na glicólise, por cada molécula de glicose interveniente no processo, formam-se:

- Duas moléculas de ácido pirúvico
- Duas moléculas de NADH
- Quatro moléculas de ATP

Fazendo o balanço energético da glicólise constata-se que na fase de activação da glicose foram gastos 2 ATP, de modo que aos 4 ATP produzidos devem subtrair-se os 2 ATP consumidos, havendo, portanto, em termos energéticos, um saldo de 2 moléculas de ATP.

## Ciclo de Krebs

O ciclo é conhecido também por **ciclo do ácido cítrico**, mas recebeu o nome de **Krebs** em homenagem de Hans Krebs, pelo trabalho desenvolvido sobre esta via metabólica.

As moléculas de ácido pirúvico (com 3 carbonos) resultantes da degradação da glicose penetram no interior das mitocôndrias, onde ocorrerá a respiração propriamente dita. Cada ácido pirúvico reage com uma molécula da substância conhecida como **coenzima A** (CoA) originando três tipos de produtos: **acetil-coenzima A** (acetil-CoA), **dióxido de carbono** e **hidrogénio**. Nesta reacção, os átomos de hidrogénio são recebidos pela molécula de NAD que fica reduzida a NADH e o  $\text{CO}_2$  é libertado.

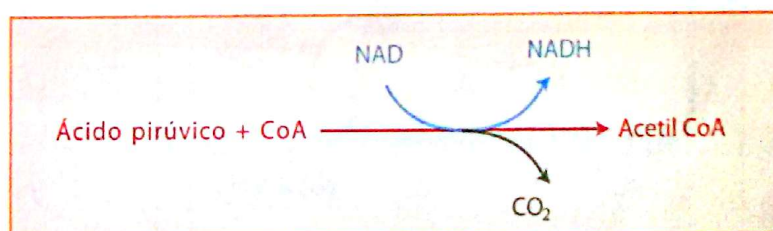


Fig. 48 Formação de acetil CoA



Em seguida, cada molécula de acetil-CoA (com 2 carbonos) reage com uma molécula de **ácido oxalacético** (com 4 carbonos), resultando em **ácido cítrico** (com 6 carbonos) e coenzima A. O ácido cítrico sofre diversas reacções (formando compostos com 5 carbonos) e, em dois momentos, ocorre a saída de  $\text{CO}_2$ . No fim do ciclo, o ácido oxalacético (com 4 carbonos) regenera-se, não sendo gasto no processo.

Em síntese, por **cada volta** do ciclo de Krebs (o ciclo tem de dar duas voltas porque cada molécula de glicose é degradada em duas moléculas de ácido pirúvico que, por sua vez, combinam-se com duas moléculas de acetil-CoA) há a destacar as seguintes reacções:

- **Formação de duas moléculas de  $\text{CO}_2$**
- **Libertação de 8 H** que vão ser aceites pelo NAD e FAD, que os conduzirão até à cadeia respiratória.
- **Formação de uma molécula de ATP**

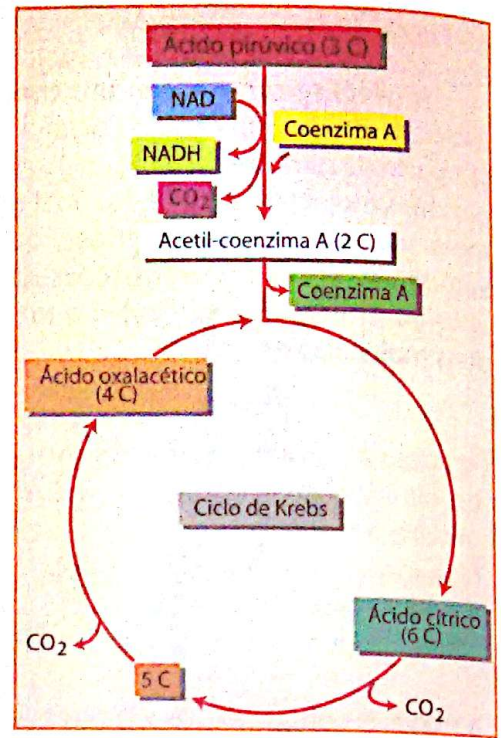


Fig. 49 Principais etapas do ciclo de Krebs

## Cadeia respiratória

Na cadeia respiratória, os hidrogénios removidos do substrato pelo NAD ou FAD e agora na forma de NADH e FADH combinam-se com o oxigénio. No entanto, na mitocôndria, essa combinação nunca ocorre directamente, já que essa reacção libertaria muita energia, o que seria prejudicial à célula. Antes de reagirem com o oxigénio, os hidrogénios percorrem uma longa e complexa trajetória. O NADH cede o hidrogénio a uma substância X; esta, por sua vez, fornece-o a uma substância Y, e assim por diante. É como se o hidrogénio fosse cedido de mão em mão, numa cadeia de aceptores intermediários (além de NAD e FAD são esses os **citocromos** que têm natureza proteica), até chegar aoceptor final, o **oxigénio**. Dessa combinação resultam moléculas de **água**. Em cada etapa, uma pequena quantidade de energia é libertada e pode ser aproveitada para a produção de ATP.

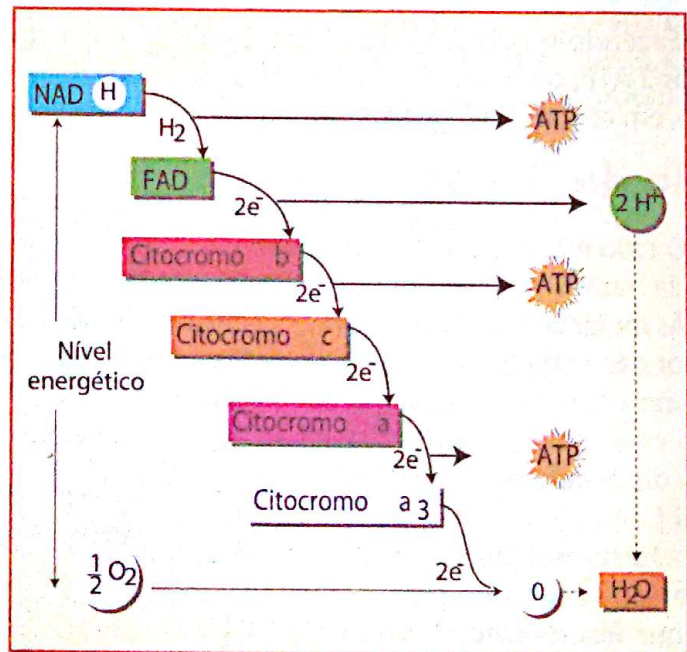
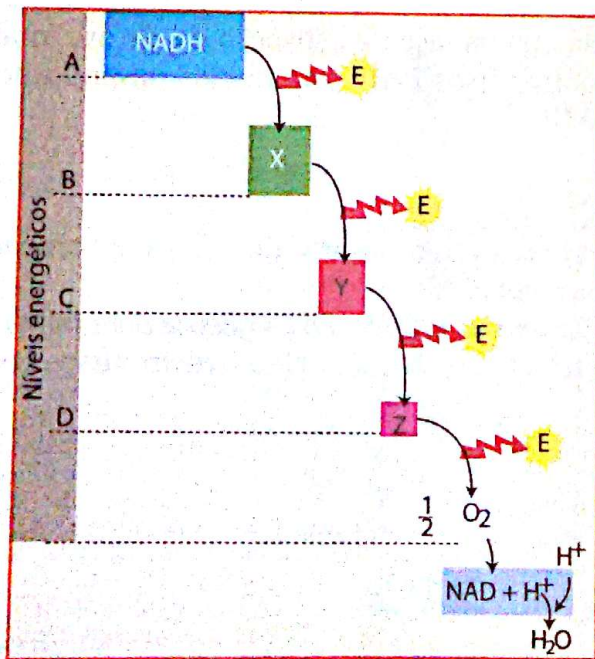


Fig. 50 Energia libertada por etapas durante a cadeia respiratória



Na mitocôndria várias cadeias respiratórias ocorrem ao mesmo tempo. Uma cadeia respiratória pode ser iniciada tanto por um NADH como por um FADH; no entanto, a quantidade de ATP produzida é diferente. Enquanto cada NADH permite que sejam fabricadas três moléculas de ATP, cada FADH promove a produção de apenas duas moléculas de ATP. O papel do oxigénio em todo o processo é fundamental. Ele é o ponto final dos electrões que transitam «escada abaixo».

Observe, na figura 51, um resumo que relaciona as etapas da respiração aeróbica com as regiões em que acontecem, tanto no hialoplasma como na mitocôndria.

Como já foi dito, a glicólise decorre no hialoplasma da célula. Na matriz da mitocôndria, o ácido pirúvico transforma-se em acetil-CoA, que penetra no ciclo de Krebs. Os citocromos estão associados às cristas da mitocôndria, nas quais ocorrem as cadeias respiratórias e a produção de **ATP**.

O rendimento energético da glicose durante o processo de respiração aeróbica, apresenta-se no quadro abaixo.

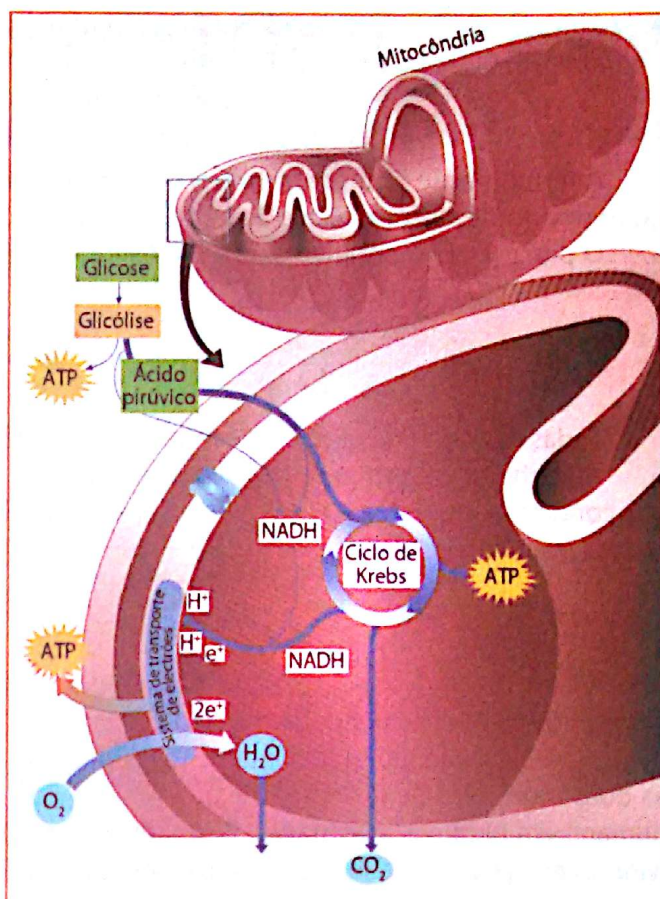
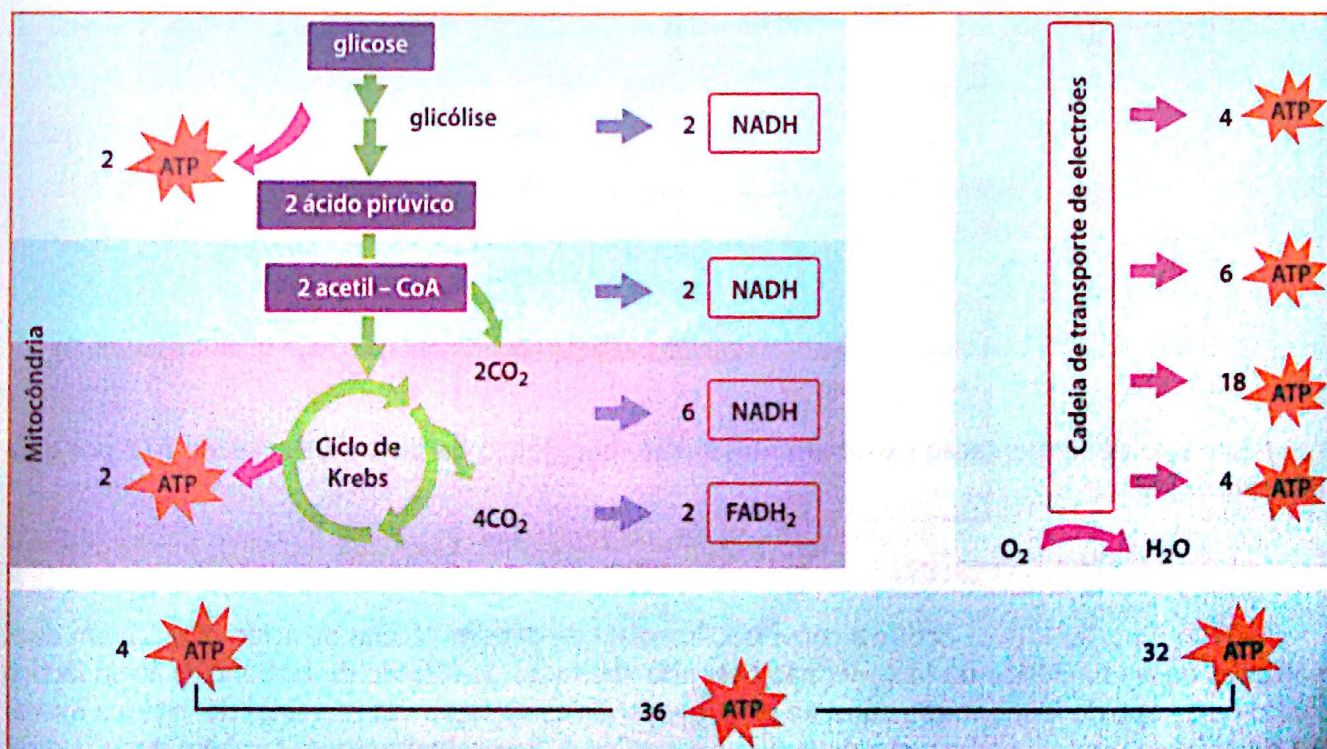


Fig. 51 Localização das etapas da respiração aeróbica

**Quadro 9:** Rendimento energético da glicose durante a respiração aeróbica





## Outras fontes de libertação de energia

### Fermentação

A fermentação compreende um conjunto de reacções enzimaticamente controladas através das quais uma molécula orgânica é degradada em compostos mais simples, libertando energia.

O processo fermentativo ocorre no hialoplasma e o seu mecanismo químico envolve duas etapas: a **glicólise** e a **redução do ácido pirúvico**.

### Glicólise

Todas as etapas da glicólise decorrem no hialoplasma e são idênticas às da respiração.

No entanto, o destino do ácido pirúvico, produto final da glicólise, depende da organização celular e das condições inerentes ao meio. As duas vias mais comuns são a **alcoólica** (fermentação alcoólica) e a **láctica** (fermentação láctica).

### Fermentação alcoólica

A **fermentação alcoólica** ocorre nas leveduras e noutros microorganismos, sendo as duas moléculas do ácido pirúvico obtidas por degradação da glicose. Na fase da glicólise são transformadas em duas moléculas de **álcool etílico** ou **etanol** e de **acetaldeído** que são seguidamente reduzidas pelo NADH as duas moléculas de **álcool etílico** ou **etanol** e as duas moléculas de **dióxido de carbono**. Os dois produtos dessa fermentação são utilizados pelo ser humano em algumas actividades: álcool etílico (ou etanol) empregue na fabricação de bebidas alcoólicas (vinho, cerveja, aguardentes, etc.) e o dióxido de carbono, importante na produção do pão.

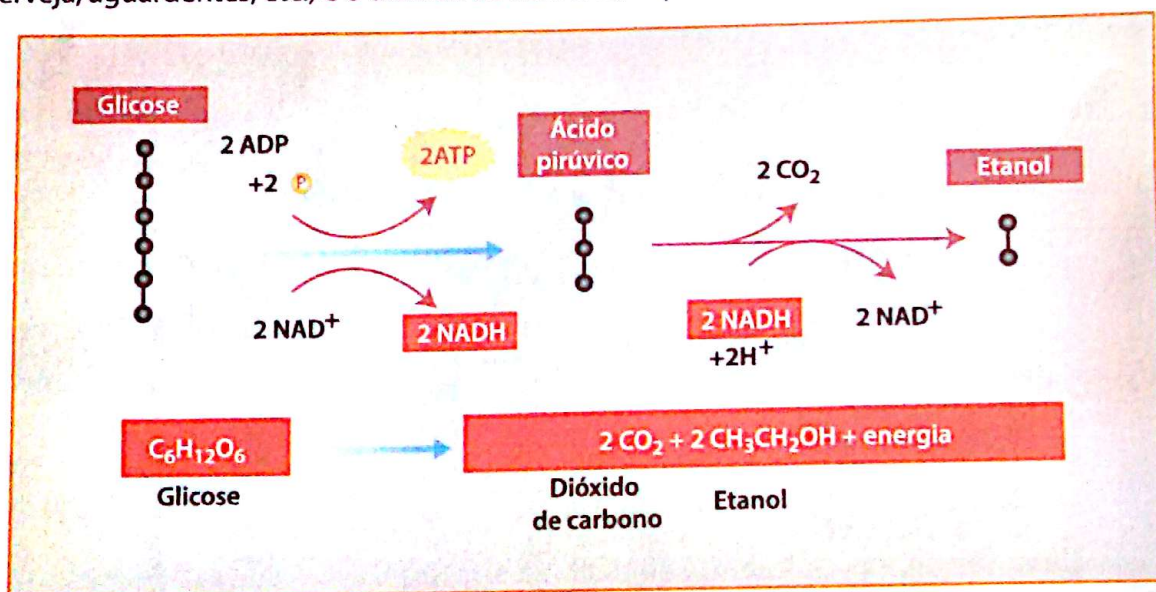


Fig. 52 Esquema da fermentação alcoólica

Neste tipo de fermentação existe um rendimento energético de duas moléculas de ATP por uma molécula de glicose.

### Fermentação láctica

Na **fermentação láctica** ocorre a conversão imediata de duas moléculas de ácido pirúvico em duas moléculas de **ácido láctico** ou **lactado**, não havendo libertação de dióxido de carbono. O ácido láctico obtido nesse tipo de fermentação baixa o pH provocando coagulação das proteínas do leite e a formação do coágulo usado na fabricação de iogurtes e queijos. A fermentação láctica também pode ocorrer



nas células do tecido muscular de alguns organismos superiores, nomeadamente no ser humano, o que acontece sempre que os músculos são solicitados a fazer grande esforço e a quantidade de oxigénio fornecida pelo sangue não é suficiente para ocorrer a respiração aeróbica.

Na fermentação láctica existe um rendimento energético de duas moléculas de ATP por uma molécula de glicose.

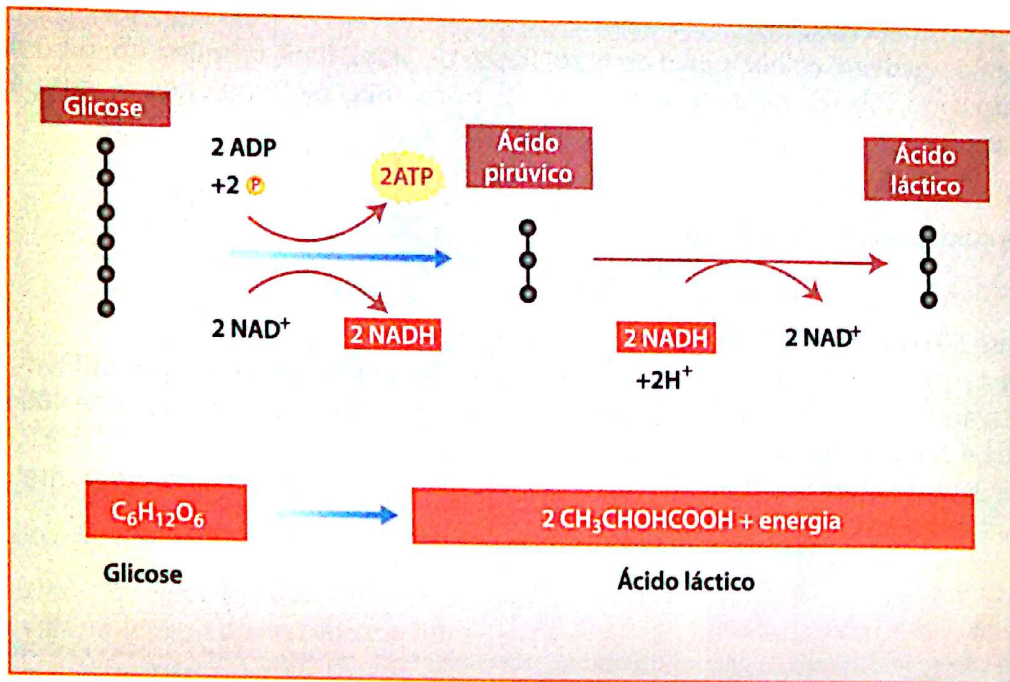


Fig. 53 Esquema da fermentação láctica

A utilização de outros compostos, além da glicose, também pode resultar na produção de ATP. Hidratos de carbono, lípidos e proteínas podem levar à produção de acetyl-CoA que movimenta o ciclo de Krebs, conhecido como via final comum.

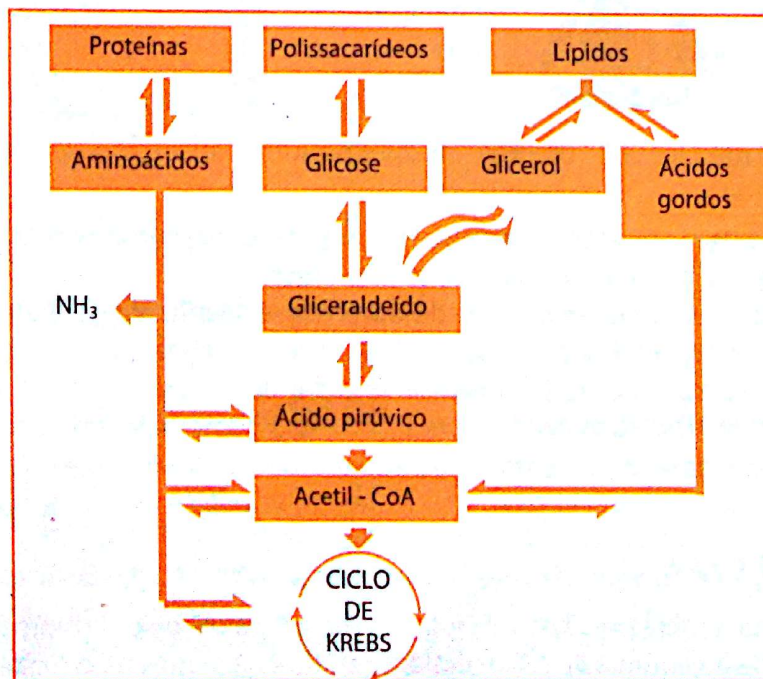


Fig. 54 Esquema global da degradação dos vários compostos orgânicos





## Experiência

### Mobilização de energia: fermentação e respiração

#### Material

Levedura de pão, colher, papel de filtro, frasco de vidro, funil, termómetro, tubo de ensaio ou frasco de vidro largo, tubo de plástico ou de vidro, plasticina, rolha perfurada, tina de vidro, água corada, água e açúcar

#### Procedimento de segurança

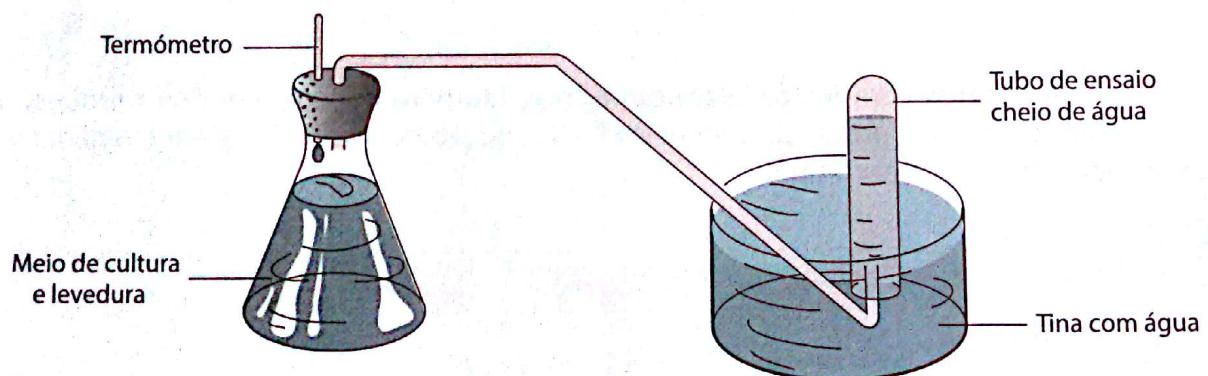
Aqueça cuidadosamente a mistura.

#### Preparação da água de levedura e do meio de cultura para as leveduras

1. Misture 50 g de levedura em 1000 ml de água.
2. Ferva a suspensão durante 5 minutos, mexendo constantemente com uma colher.
3. Filtre a água fervida (Nota: depois de filtrar a água fervida ficará com cerca de 400 ml de filtrado que é considerado água de levedura).
4. Dissolva na água de levedura 40 g de açúcar. A solução obtida corresponde ao meio de cultura para as leveduras.

#### Procedimento 1

#### Fermentação de leveduras



1. Junte, a 300 ml de meio de cultura, 1,5 g de levedura.
2. Encha quase completamente o frasco de vidro com esta mistura.
3. Complete a montagem de acordo com o esquema acima.
4. Coloque o frasco de vidro em banho-maria a 25 °C.
5. Registe a temperatura no início da montagem e nos dias seguintes.
6. Observe o que acontece na superfície do líquido contido no frasco e no tubo de ensaio.

#### Procedimento 2

#### Respiração de leveduras

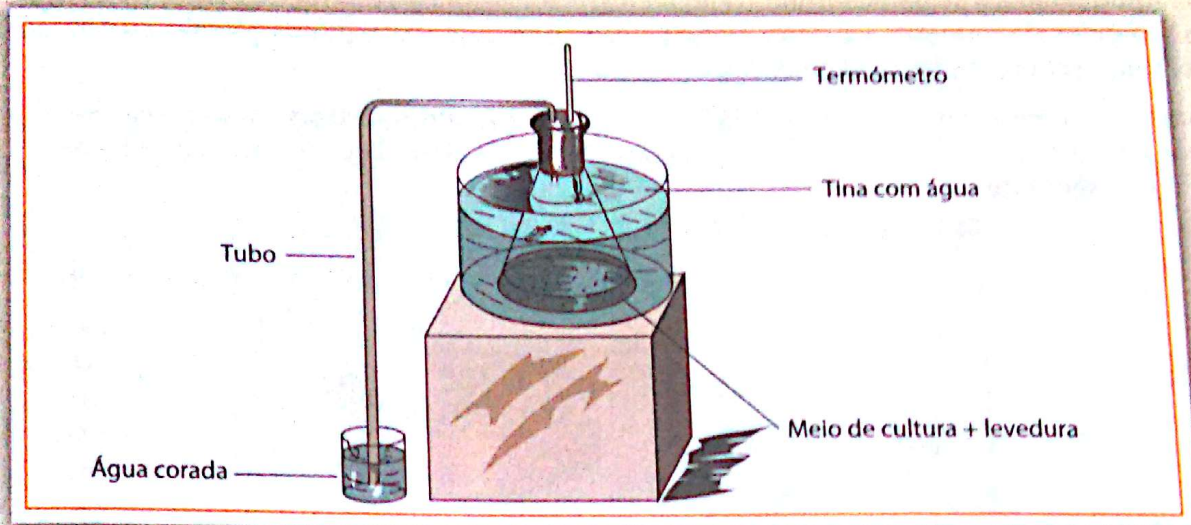
1. Faça atravessar a rolha pelo tubo de vidro ou de plástico e pelo termómetro.
2. Junte 0,25 g de levedura a 50 ml de meio de cultura e coloque essa mistura no frasco de vidro.



3. Tape-o e feche-o muito bem com plasticina.

4. Introduza-o numa tina com água a 25 °C.

A mobilização da energia pela fermentação e respiração está representada na figura que se segue.



5. Observe ao longo de 20 minutos e registre as alterações verificadas:

- a) No valor da temperatura.
- b) Na altura do líquido no tubo de vidro.

## Estudo do processo de fermentação do repolho

A fermentação é um processo antigo de conservação de alimentos. O repolho fermentado é um produto de conservação do mesmo no qual os açúcares são convertidos em ácidos orgânicos pelas bactérias lácticas.

O sal adicionado ao repolho e os ácidos orgânicos produzidos na fermentação servem para prevenir a contaminação e a degradação do produto por outras bactérias, assim como atribuir ao repolho o sabor e o aroma característicos. A ausência de oxigénio favorece a fermentação anaeróbica e previne o crescimento de microorganismos aeróbicos que oxidam os ácidos orgânicos.

### Material

Repolho, faca, microscópio, sal de cozinha, frasco de vidro de 1000 ml bem lavado, sacos de plástico, balança

### Procedimento

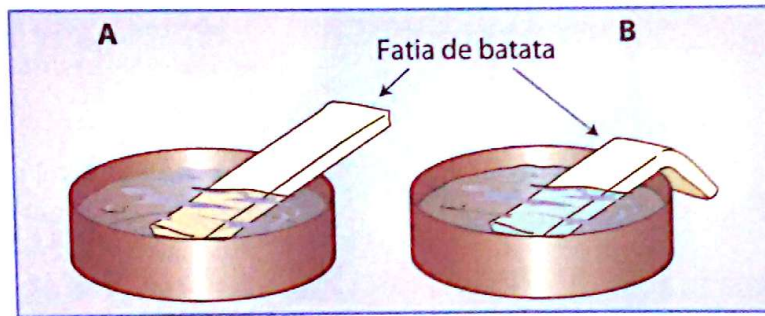
1. Retire as folhas estragadas e velhas do repolho.
2. Seleccione as melhores folhas.
3. Lave as escolhidas muito bem e corte em tiras finas.
4. Pese as tiras de couve (aproximadamente 200 g) e o sal correspondente (a 3% do peso do repolho).
5. Misture bem o sal com o repolho.
6. Comprima a mistura dentro de um frasco de vidro bem limpo.
7. Coloque por cima do repolho um saco cheio de água que deve aderir completamente às paredes do frasco.
8. Incube à temperatura ambiente, durante 2 a 3 semanas.
9. Após o tempo de incubação, recolha uma amostra do líquido e prove.



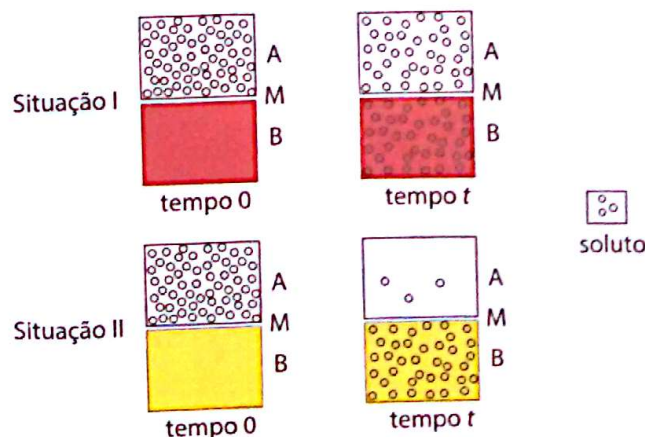


# Exercícios de consolidação

1. Embora as células realizem trocas com o meio em que vivem, a sua composição química é bem diferente da do ambiente externo. Mencione a parte da célula que se encarrega de manter esta diferença e indique o nome dessa propriedade.
2. Na Antiguidade, a salga era usada como recurso para a conservação certos alimentos. Hoje, em algumas regiões do mundo, tal prática ainda é usada para a conservação de carne ou de peixe. Explique por que a salga conserva os alimentos.
3. Numa experiência, fatias recém-cortadas de uma batata foram colocadas em dois recipientes contendo água com açúcar, em diferentes concentrações. Depois de algumas horas, verificou-se o que se observa na figura seguinte.



- a) O que se pode dizer a respeito das concentrações das soluções A e B?
  - b) Descreva o que deve ter ocorrido com as células da batata na solução B.
4. As figuras abaixo representam duas situações, I e II, em que os compartimentos A e B contêm uma solução fisiológica e estão separados, um do outro, por uma membrana biológica M. Nessas duas situações, acrescentou-se soluto no compartimento A. Os solutos são transportados através da membrana. Após o tempo  $t$  verificou-se uma nova distribuição do soluto, entre A e B, como mostram as figuras.
- Qual das duas situações representa um transporte activo? Justifique a sua resposta.

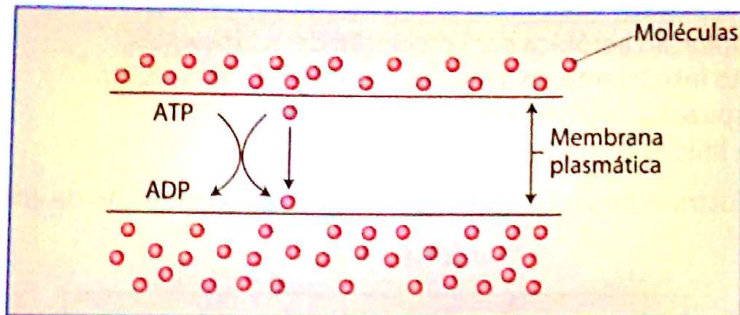


5. É prática comum temperarmos a alface com sal, vinagre e azeite, porém, depois de algum tempo, observamos que as folhas vão murchando. Isto explica-se porque:
- a) O meio é mais concentrado que as células da alface.
  - b) O meio é menos concentrado que as células da alface.
  - c) O meio apresenta concentração igual à das células da alface.



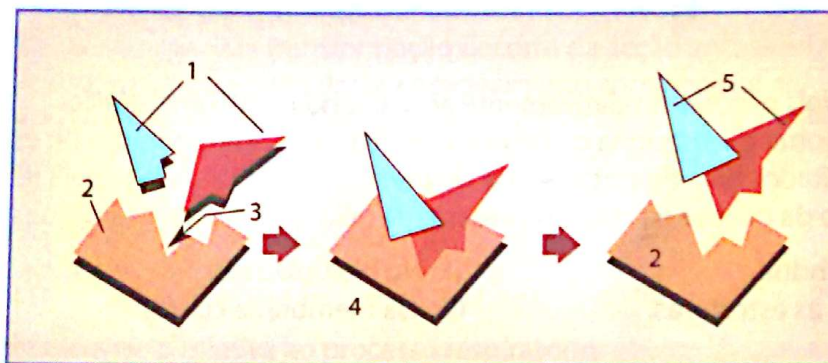


6. O esquema que se segue representa a passagem de uma substância por uma membrana.



De acordo com o esquema, está ocorrendo:

- a) Osmose.
  - b) Difusão.
  - c) Fagocitose.
  - d) Transporte activo.
  - e) Permeabilidade selectiva.
7. A figura seguinte representa esquematicamente um modelo que pretende mostrar o modo de actuação das enzimas.

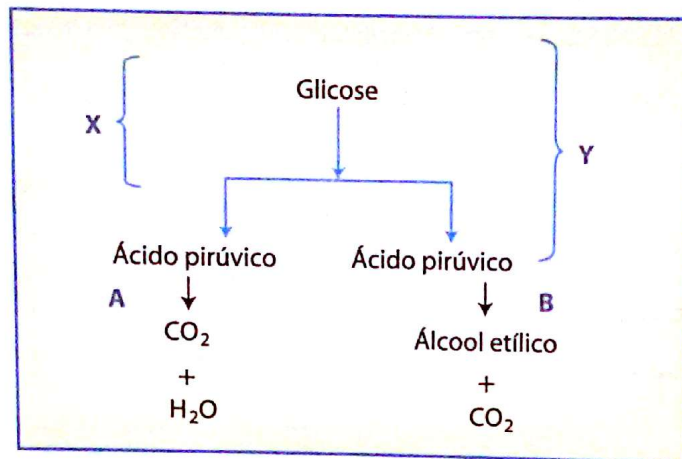


- a) Como se denomina o modelo representado?
  - b) Descreva o funcionamento da actuação das enzimas segundo este modelo.
  - c) Faça a legenda da figura para os números 1, 2, 3, 4 e 5.
  - d) A sequência de imagens ilustra provavelmente (indique a opção mais provável):
    - I. A acção de uma enzima durante uma reacção anabólica.
    - II. A acção de uma enzima durante uma reacção catabólica.
    - III. A formação de uma enzima.
8. A fabricação de vinho e de pão depende de produtos libertados pelas leveduras durante a sua actividade fermentativa. Assinale a afirmação que menciona os respectivos produtos finais.
- a) Álcool etílico, dióxido de carbono
  - b) Dióxido de carbono, ácido láctico
  - c) Ácido acético, ácido láctico
  - d) Álcool etílico, ácido acético
  - e) Ácido láctico, álcool etílico

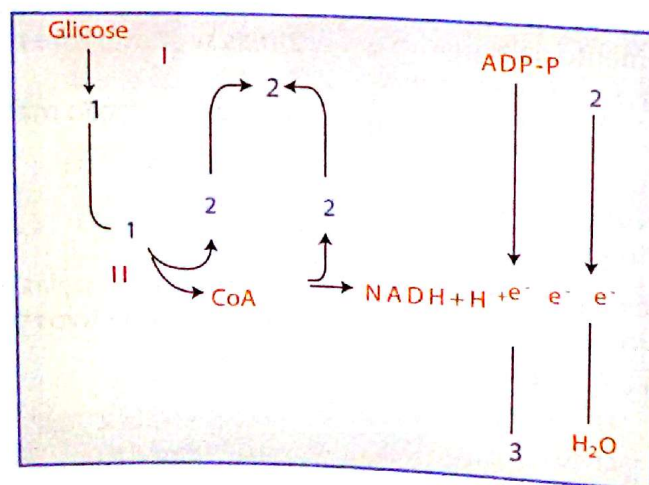


# Exercícios de consolidação

9. Uma das causas de dores musculares, depois dum grande esforço físico, é a presença de muito ácido láctico nas células musculares. Isso decorre quando essas células:
- Realizam intensa respiração aeróbica com produção de ácido láctico.
  - Recebem suprimento insuficiente de oxigénio e realizam fermentação.
  - Realizam intensa respiração celular produzindo excesso de ATP.
  - Utilizam proteínas e lípidos como fonte de energia.
10. O esquema seguinte ilustra duas vias metabólicas (A e B) para a obtenção de energia na célula a partir da glicose.



- Compare os dois processos relativamente ao seu rendimento energético.
  - Mencione o nome que designa o conjunto das reacções representadas no esquema pela letra X.
  - Indique o aceitador final de electrões na via metabólica representada pela letra B.
  - A degradação da glicose na etapa representada pela letra Y ocorre (indique a opção correcta):
    - Na mitocôndria.
    - No hialoplasma.
    - Em ambas as estruturas.
    - Na membrana celular.
11. A figura abaixo representa os processos da respiração aeróbica numa forma simplificada.

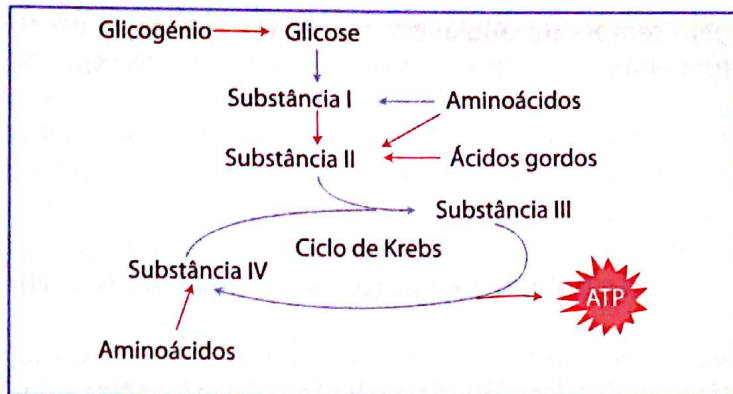


- Identifique as etapas da respiração aeróbica representadas pelos números I. e II.
- Indique o nome das substâncias referenciadas pelos números 1, 2 e 3.





12. Pela análise do esquema prevê-se que a energia pode ser obtida por um organismo:



- Somente a partir de hidratos de carbono.
  - Somente a partir de proteínas.
  - Somente a partir de lípidos.
  - A partir de hidratos de carbono, proteínas e lípidos.
  - A partir de substâncias inorgânicas.
13. A partir da glicose, os processos de respiração celular levam à formação de dióxido de carbono e de água, com libertação de energia. Esta transformação decorre da acção encadeada de diversos processos metabólicos. Uma sequência correcta desse encadeamento corresponde a:
- Glicólise, Ciclo de Krebs, Cadeia respiratória.
  - Ciclo de Krebs, Glicólise, Cadeia respiratória.
  - Glicólise, Cadeia respiratória, Ciclo de Krebs.
  - Cadeia respiratória, Ciclo de Krebs, Glicólise.
  - Ciclo de Krebs, Cadeia respiratória, Glicólise.
14. Indique a alternativa incorrecta relativa ao processo respiratório:
- O processo fermentativo liberta menos energia que a respiração aeróbica, visto que na fermentação a quebra da glicose é incompleta.
  - O processo fermentativo ocorre em ausência de oxigénio e apresenta um saldo de duas moléculas de ATP por molécula de glicose.
  - Os tipos de fermentação mais conhecidos são a fermentação láctica e a alcoólica, que se apresentam idênticas até à formação do ácido pirúvico.
  - A respiração aeróbica ocorre exclusivamente no interior das mitocôndrias e consegue formar 30 ATP por molécula de glicose oxidada.
  - As principais substânciasceptoras intermediárias de hidrogénio no processo respiratório aeróbico são NAD e FAD.
15. Dois apreciadores de vinho fizeram várias suposições em relação à fermentação alcoólica. A alternativa que contém a suposição, biologicamente, correcta é:
- A acidez do vinho é devida aos ácidos orgânicos presentes nas leveduras utilizadas na sua fabricação.
  - A doçura de alguns vinhos deve-se à fermentação completa dos hidratos de carbono da uva.
  - A fermentação permite a quebra das ligações peptídicas das proteínas da uva.
  - As folhas das videiras realizam a fotossíntese, sem a qual não haverá a matéria-prima para a fermentação.
  - Se o álcool não fosse adicionado durante a fabricação dos vinhos, beberíamos sumo de uva.



# Ciclo celular

As células vivas surgem sempre de células pré-existentes através do processo de **divisão celular**. Uma célula é uma estrutura altamente organizada e a sua divisão não pode decorrer de forma desorganizada. A divisão celular é um processo complexo, controlado nos mínimos detalhes pelo programa genético da célula que se encontra no núcleo. As células novas, ao serem «fabricadas», têm de receber um núcleo com todas as informações necessárias ao controlo das suas actividades vitais. Assim, um evento fundamental da divisão celular é que os programas genéticos, inscritos nos cromossomas, são passados de uma geração celular a outra. O crescimento da célula, a duplicação dos genes e a divisão celular propriamente dita ocorrem de maneira ordenada dentro de um determinado intervalo de tempo, conhecido como **ciclo celular**.

A duração do ciclo celular varia de acordo com o tipo de célula e com o estado fisiológico em que a célula se encontra. Há dois tipos fundamentais de divisão celular: a **mitose** e a **meiose**. No entanto, o período que precede a divisão celular é chamado **interfase**.

## Interfase

O ciclo de vida de uma célula termina quando ela se divide originando duas células-filhas. O período que antecede essa divisão é denominado **interfase** e representa, em média, mais de 90% do tempo de duração do ciclo celular. A interfase pode ser considerada como preparação para a divisão celular.

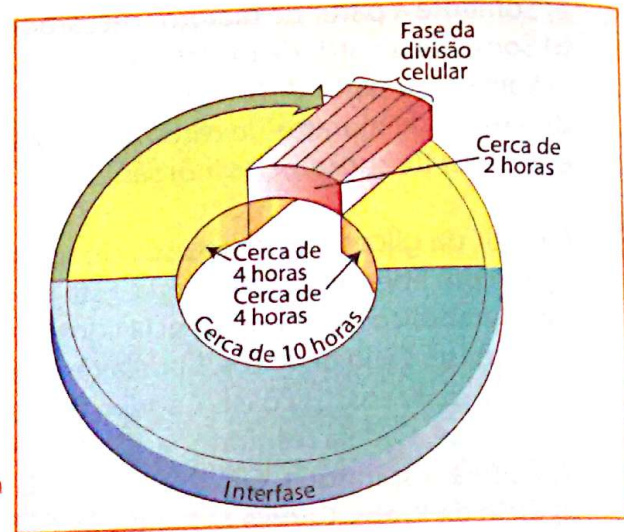


Fig. 55 Ciclo celular de uma célula da raiz da ervilheira

Uma célula, antes de se dividir, executa uma cópia de todos os seus genes duplicando o ADN dos seus cromossomas. Em seguida, os dois conjuntos de cromossomas são separados, formando dois novos núcleos. A célula divide-se, então, em duas células-filhas que receberão informações genéticas idênticas àquelas existentes na célula-mãe.

Tomando por base a duplicação do ADN, a interfase é dividida em três períodos sucessivos, respectivamente denominados **G<sub>1</sub>**, **S** e **G<sub>2</sub>**. Chama-se **G<sub>1</sub>** àquele que precede a duplicação do ADN. Nesse período, ocorre crescimento da célula. O período **S** é aquele em que acontece a duplicação do ADN, ou seja, dos cromossomas. O período **G<sub>2</sub>**, o último da interfase, é, em geral, mais curto e abrange o fim da duplicação do ADN até ao início da divisão celular.

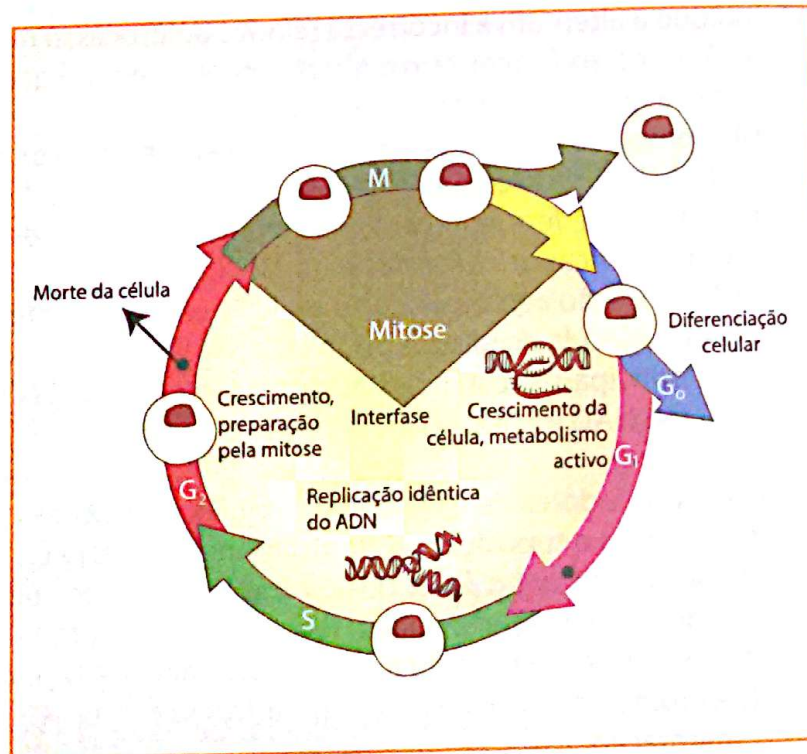


Fig. 56 Diagrama do ciclo celular



## Mitose

A mitose é um processo de divisão celular em que ocorre uma duplicação cromossômica para cada divisão celular. Assim, a quantidade e a qualidade dos cromossomas da célula-mãe são mantidas nas células-filhas.

a) A célula da figura 57-A está em interfase.

Os cromossomas foram representados no esquema, apesar de não serem visíveis nessa fase. A célula representada tem quatro cromossomas: o par **a** e **a'**, e o par **b** e **b'**.

b) Ainda durante a interfase ocorre a duplicação do ADN. Como resultado, cada cromossoma fica duplicado e constituído por dois cromatídeos idênticos, presos por um centrómero único (figura 57-B).

c) Durante a mitose, os cromatídeos de cada cromossoma separam-se, sendo distribuídas por cada célula-filha, que adquire, assim, um conjunto de cromossomas idênticos. Tanto o número de cromossomas da célula-mãe como a sua qualidade genética são conservados nas células-filhas (figura 57-C).

A mitose é, na realidade, um processo contínuo. No entanto, ela costuma ser dividida em quatro etapas ou fases: **profase**, **metafase**, **anafase** e **telofase**.

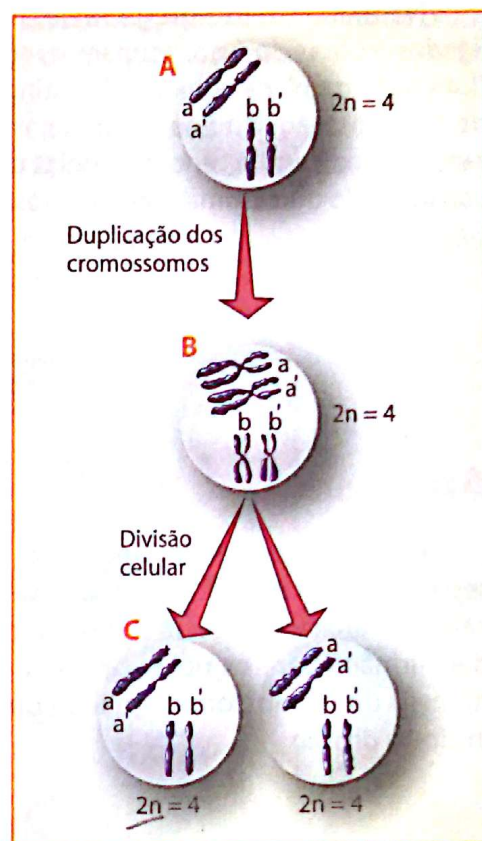


Fig. 57 Distribuição dos cromossomas na mitose

## Profase

O termo profase (do grego *protos*, primeiro) significa «primeira fase» da mitose. O primeiro sinal de que a profase teve início é a **condensação dos cromossomas**. Estes, já duplicados na interfase precedente, começam a enrolar-se sobre si mesmos. Cada cromatídeo condensa-se independentemente e vai aumentando progressivamente em diâmetro e diminuindo em comprimento.

À medida que a profase progride, os nucléolos tornam-se menos visíveis até desaparecerem por completo.

Os centríolos, já duplicados, afastam-se, atingindo os pólos da célula. Em torno deles, aparecem fibras que constituem o **âster**. Entre os centríolos que se afastam formam-se as fibras do **fuso acromático**. Tanto as fibras do âster como as do fuso são microtúbulos do citoesqueleto. O núcleo aumenta de volume; por fim, a membrana nuclear faz-se em diversos pedaços. Os cromossomas espalham-se pelo citoplasma.

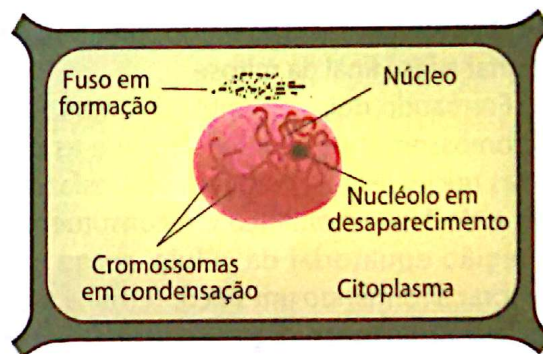


Fig. 58 A profase caracteriza-se pela condensação dos cromossomas, pelo desaparecimento dos nucléolos e pela formação do fuso acromático. O final da profase é marcado pela desintegração da membrana nuclear.



## Metafase

Na metafase (do grego *meta*, meio), os cromossomas, ligados a fibras do fuso, ocupam a região equatorial da célula (formação da placa equatorial) e atingem o seu grau máximo de condensação. No final da metafase, os cromátídeos separam-se, tendo agora cada uma delas um centrómero próprio e constituindo dois cromátídeos-irmãos.

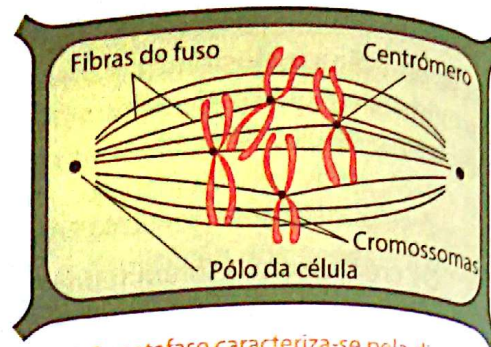


Fig. 59 A metafase caracteriza-se pela disposição dos cromossomas na região equatorial da célula, onde eles se ligam às fibras do fuso acromático.

## Anafase

O termo anafase (do grego *ana*, separação) refere-se à separação dos cromátídeos-irmãos para os polos opostos da célula. A anafase encerra-se com a chegada dos cromátídeos-irmãos para os polos opostos. Em cada pólo há um número de cromossomas igual ao que havia na célula que iniciou a divisão.

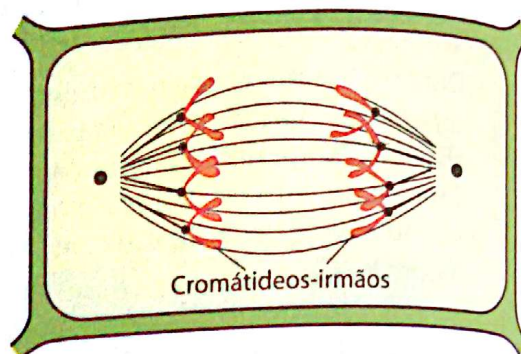


Fig. 60 A anafase caracteriza-se pela separação dos cromátídeos-irmãos e pela sua migração para polos opostos.

## Telofase

O termo telofase (do grego *telos*, fim) é empregue para designar a fase final da mitose.

Formando dois conjuntos distintos, um em cada pólo, os cromossomas descondensam-se e as duas novas membranas nucleares reconstituem-se. Desfazem-se as fibras do áster e do fuso acromático e reconstituem-se os nucléolos. Na região equatorial da célula, surge a invaginação da membrana formando um sulco. Termina a **cariocinese** (divisão dos núcleos) e começa a **citocinese** (divisão do citoplasma), com distribuição mais ou menos igual dos organelos celulares entre as células-filhas.

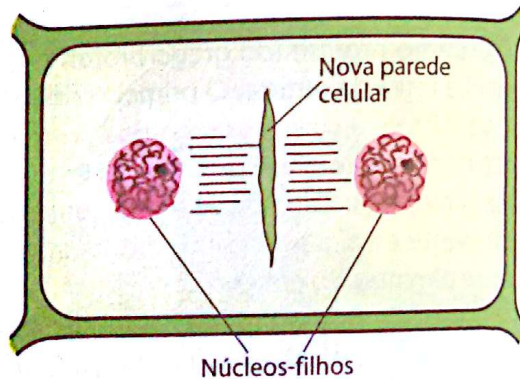


Fig. 61 A telofase caracteriza-se pela formação de novas membranas nucleares ao redor de cada conjunto de cromossomas. Os cromossomas descondensam-se e os nucléolos reaparecem.

## Meiose

Na reprodução sexuada de organismos pluricelulares duas células especializadas, denominadas **gâmetas**, unem-se para formar o **ovo** ou **zigoto**, a primeira célula de um novo ser. Como já é do seu conhecimento este processo é chamado **fecundação**.

Os gâmetas são **células haplóides**, isto é, possuem um único lote cromossómico (**n**). Já o zigoto é uma **célula diplóide**, ou seja, possui dois lotes cromossómicos (**2n**), um proveniente de cada gâmeta.



Imediatamente após a fecundação, o zigoto divide-se por **mitose**, originando as duas primeiras células do novo ser. Estas também se dividem, e assim sucessivamente, originando milhares de células do organismo pluricelular. No entanto, em determinado momento do desenvolvimento do organismo pluricelular, um grupo de células diplóides realiza a **meiose**, um processo de divisão celular em que o número de cromossomas é reduzido a metade nas células-filhas.

A meiose é, portanto, um **processo reducional de divisão celular** e representa um mecanismo fundamental do ciclo de reprodução sexuada, pois contrabalança o facto de o número de cromossomas dobrar quando ocorre o encontro dos gametas.

Como a figura 62 mostra, numa forma simplificada, durante a meiose ocorre uma **única duplicação cromossómica e duas divisões celulares**.

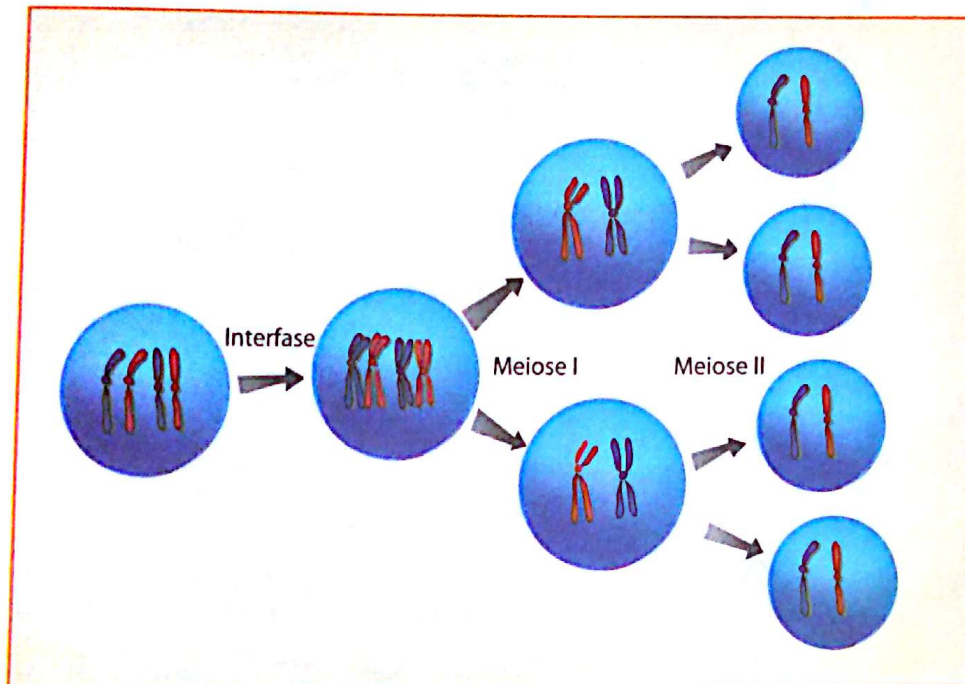
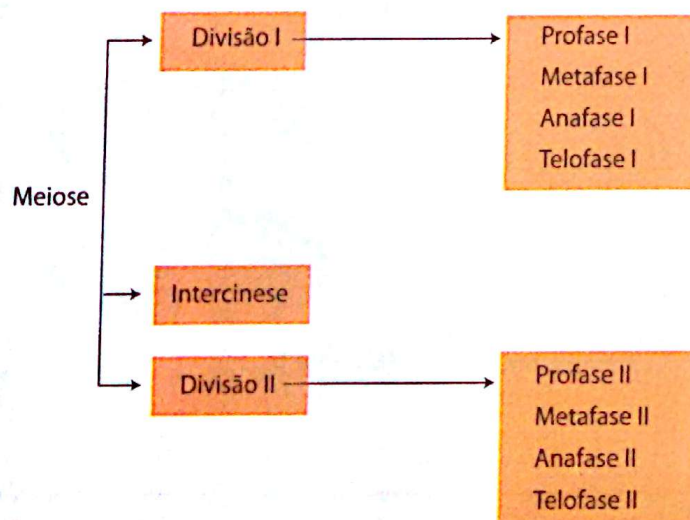


Fig. 62 Esquema simplificado do processo da meiose

A meiose, que consiste em duas divisões celulares consecutivas, que são chamadas de **Divisão I (ou Meiose I)** e **Divisão II (ou Meiose II)**, cada uma é dividida em quatro fases:





Entre o final da **Divisão I** e o início da **Divisão II** pode haver um pequeno intervalo chamado **intercinese** em que não ocorre duplicação do ADN.

Os fenómenos que ocorrem nas divisões **I** e **II** da meiose são similares aos da mitose. Nas **profases I** e **II** ocorre a condensação dos cromossomas; nas **metafases I** e **II** os cromossomas dispõem-se na região equatorial da célula e ligam-se às fibras do fuso acromático; nas **anafases I** e **II** ocorre a migração dos cromossomas para os pólos opostos; nas **telofases I** e **II** há descondensação dos cromossomas e a formação dos núcleos-filhos nos pólos da célula.

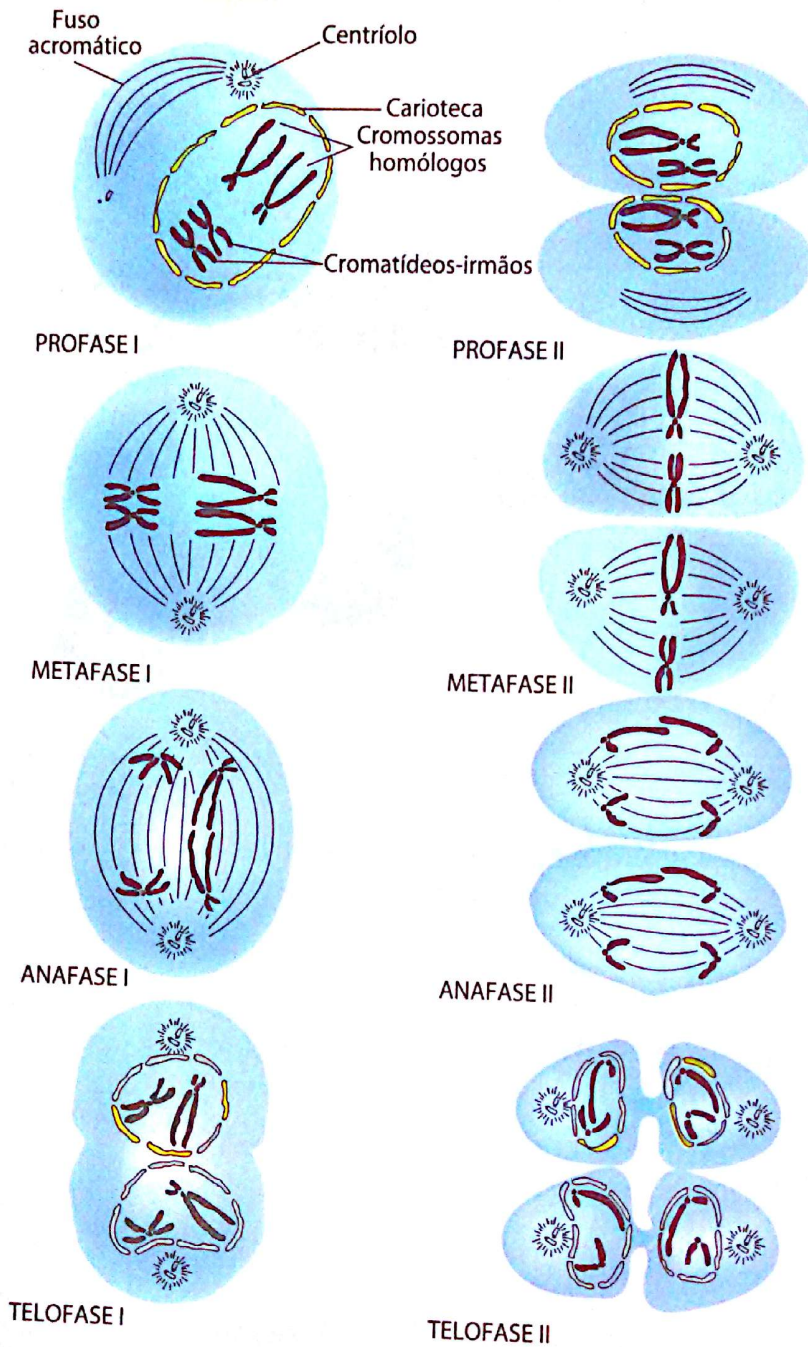
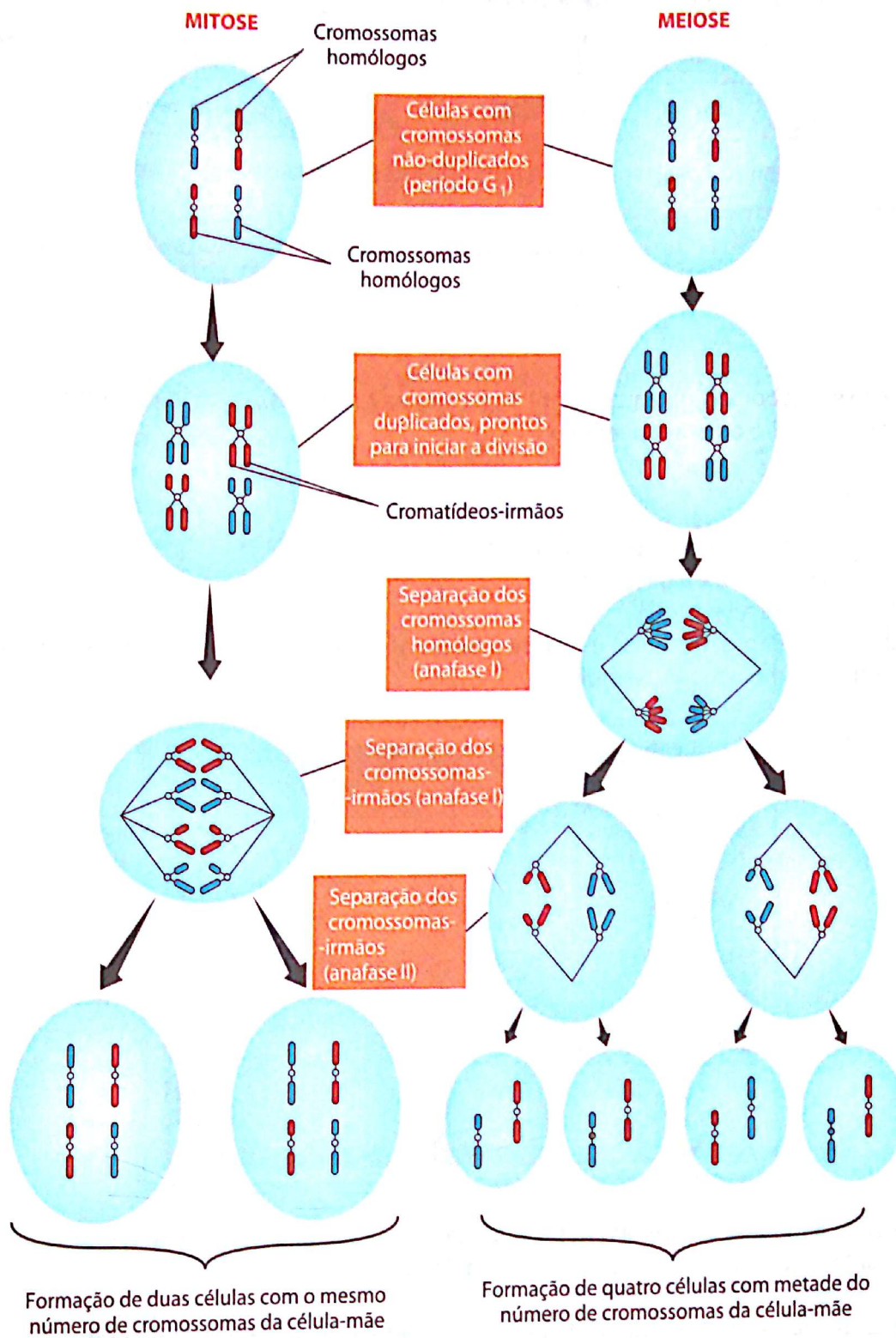


Fig. 63 Esquema resumido do processo meiótico



# Comparação entre mitose e meiose



**Fig. 64** A mitose é um processo equacional de divisão celular: o número de cromossomas é conservado nas células-filha. A meiose é um processo reducional de divisão: as células-filhas têm a metade do número de cromossomas da célula-mãe.



**Quadro 10:** Comparação entre a mitose e a meiose

Aspectos	Mitose	Meiose
Células-filhas	Duas células genética e cromossomicamente idênticas à célula-mãe	Quatro células com metade do número de cromossomas da célula-mãe
Citocinese	Uma	Duas
Separação de homólogos	Não	Na meiose I
Duplicação dos cromossomas	Sim	Apenas na meiose II



## Experiência

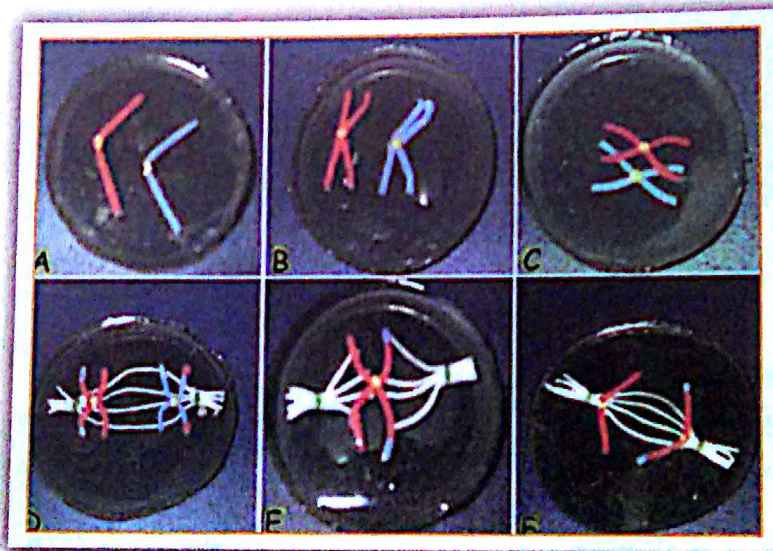
### Elaboração de Modelos de Divisão Celular

#### Material

Gelatina sem sabor (15 g), água, álcool da farmácia (2 colheres), glicerina (2 colheres), massa de modelar, tigela de vidro ou prato pequeno

#### Procedimento 1

1. Prepare a gelatina segundo as instruções.
2. Acrescente o álcool e a glicerina.
3. Misture e deixe reservado.
4. Segundo as etapas da mitose e meiose modele os cromossomas, o fuso da divisão e os centríolos, separadamente, por exemplo:



5. Coloque a metade do preparado de gelatina numa tigela de vidro ou num prato pequeno.
6. Aguarde alguns minutos e adicione o modelo de massa.
7. Cubra com o restante da gelatina.
8. Aguarde mais alguns minutos (até ficar consistente) e retire o modelo do prato.





1. Defina o conceito de ciclo celular.
2. Descreva, em linhas gerais, em que consiste a mitose e a meiose.
3. Em condições normais, o número de hemácias na espécie humana, por  $\text{mm}^3$  de sangue, é aproximadamente constante: 5,5 milhões para o homem e 4,5 milhões para a mulher. Como isso pode ocorrer, sendo que a duração da vida das hemácias está limitada a mais ou menos 120 dias?
4. Nos seres eucariontes, por ocasião da divisão celular, a membrana nuclear desaparece na:
  - a) Interfase
  - b) Profase
  - c) Metafase
  - d) Anafase
  - e) Telofase

5. Relacione as fases da mitose indicadas na coluna I com os eventos descritos na coluna II.

**Coluna I**

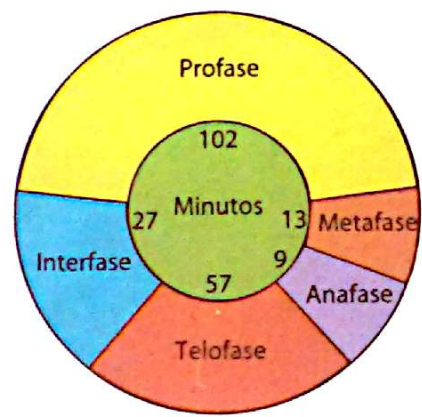
**Coluna II**

1. Telofase
2. Metafase
3. Anafase

- A. Os cromatídeos-irmãos movem-se para os pólos opostos.
- B. Os cromossomas alinham-se no plano equatorial da célula.
- C. A membrana nuclear e o nucléolo reaparecem.

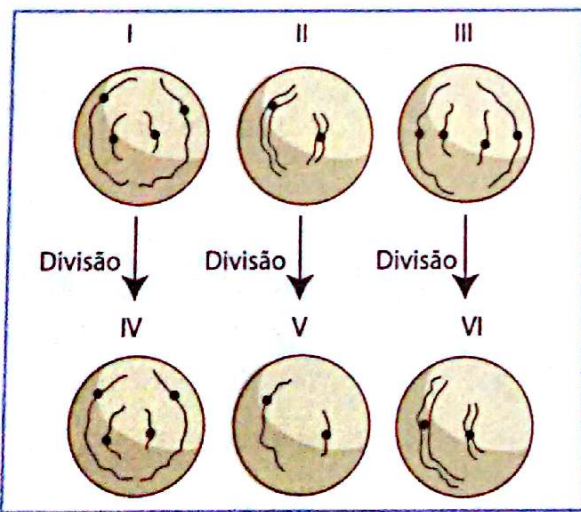
6. O esquema abaixo mostra a duração das fases da mitose em células de embrião de gafanhoto. De acordo com esses dados, a etapa mais rápida é aquela em que ocorre:

- a) Fragmentação da membrana nuclear
- b) Afastamento dos cromatídeos-irmãos
- c) Duplicação das moléculas de ADN
- d) Alinhamento dos cromossomas na placa equatorial



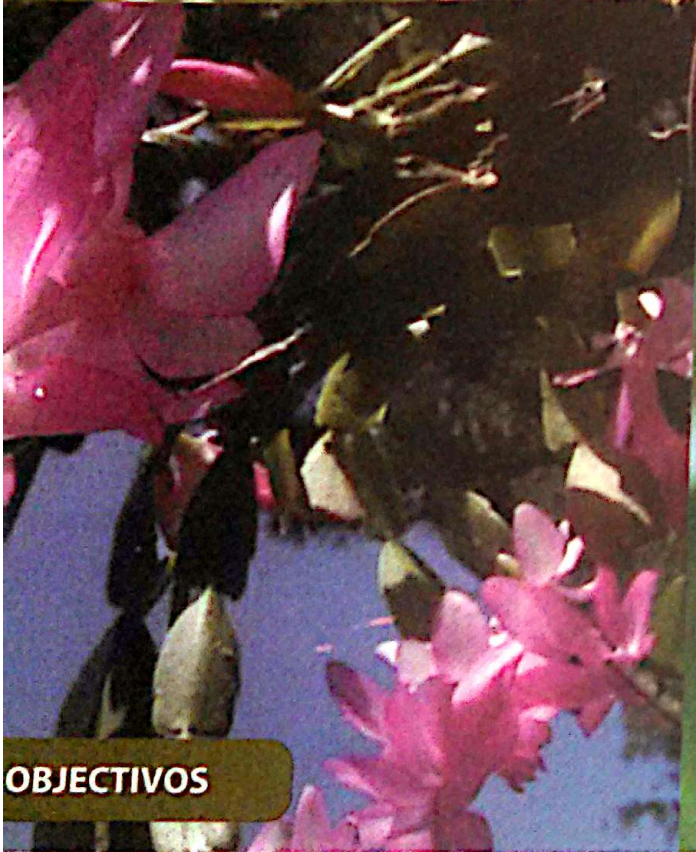
7. Considere os esquemas abaixo que representam núcleos de seis células com os seus cromossomas. Qual das alternativas abaixo indica, respectivamente, célula diplóide resultante de mitose e célula haplóide resultante de meiose?

- a) I e II
- b) II e III
- c) III e IV
- d) IV e V
- e) V e VI



8. Justifique por que a mitose é considerada um processo equacional e a meiose um processo reducional.





## OBJECTIVOS

O aluno deve ser capaz de:

- Identificar os tecidos vegetais.
- Descrever os processos de absorção da água e de sais minerais pela planta.
- Definir os diferentes tipos de membranas.
- Explicar o movimento da seiva na planta.
- Definir o conceito de fotossíntese.
- Identificar as diferentes fases do processo da fotossíntese.
- Explicar as diferentes fases da fotossíntese.
- Enumerar os factores que influenciam a actividade fotossintética.



**CONTEÚDOS**

**Histologia vegetal**

**Meristemas:** primários e secundários

**Tecidos definitivos** (definição, função e estrutura): parenquimatosos, suporte, vasculares ou condutores

**Factores que determinam a fertilidade do solo:** composição química do solo. Rede hidrogáfica. Decomposição do solo. Quantidade de animais

**Anatomia das raízes (revisão):** absorção de água e sais minerais. Difusão, osmose, transporte activo e passivo – revisão

**Tipos de membranas:** permeáveis. Semipermeáveis. Impermeáveis

**Circulação da seiva bruta:** causas do movimento da seiva: coesão, adesão, pressão radicular, capilaridade dos vasos e transpiração. Estrutura, função e propriedade dos estomas

**Função dos plastídeos:** cloroplastos, cromoplastos e leucoplastos. Estrutura dos cloroplastos

**Fotossíntese:** pigmentos fotossintéticos. Espectro de absorção e espectro de acção

**Fase luminosa da fotossíntese (fotoquímica):** processos físico-químicos dos dois fotossistemas, fotofosforilação ánclica e cíclica

**Fase escura da fotossíntese (química):**

- Etapas de ciclo de Calvin
- Funções do rubisco no ciclo de Calvin
- Síntese de compostos além da glicose

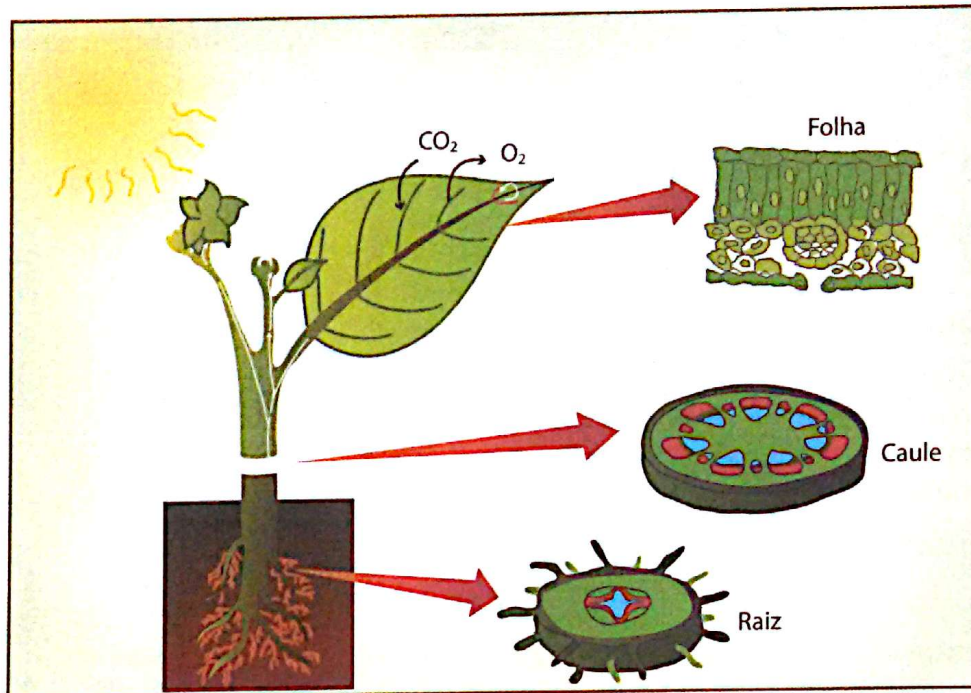
**Factores que influenciam a actividade fotossintética**

- Factores intrínsecos – internos
- Factores extrínsecos – externos



## Fisiologia vegetal

A **nutrição** das plantas é **autotrófica**, ou seja, as plantas fabricam a matéria orgânica que lhes serve de alimento. Para isso, utilizam dióxido de carbono do ar atmosférico e água e sais minerais retirados do solo. Todos os órgãos da planta (raízes, caule e folhas) trabalham em conjunto na absorção, no transporte e na elaboração das substâncias necessárias para a sua sobrevivência e o seu crescimento e desenvolvimento.



**Fig. 1** Todos os órgãos da planta trabalham em conjunto para garantir a sobrevivência da planta.

A água e os sais minerais penetram na planta através das raízes. O dióxido de carbono é captado através das folhas. No entanto, as plantas que possuem um certo grau de complexidade e um certo nível de sistemas de transporte especializados movimentam os nutrientes do local onde são produzidos para o local onde são utilizados.

## Histologia vegetal

### Meristemas

Numa planta em desenvolvimento, certos órgãos, como as folhas e as flores, têm um crescimento limitado. Contudo, outros órgãos, como as raízes e os caules, podem crescer continuamente durante toda a vida da planta.

Sendo assim, a vida das plantas depende da interação entre seus diversos tecidos que são classificados em dois grandes tipos:

- **Tecidos meristemáticos** – que apresentam células indiferenciadas e formam os meristemas apicais e laterais, responsáveis, respectivamente, pelo crescimento da planta em espessura e comprimento.



- **Tecidos permanentes ou definitivos** – que derivam de meristemas e possuem células diferenciadas. São os tecidos de condução (xilema e floema), de sustentação (colênquima e esclerênquima), de revestimento (epiderme e periderme) e os parênquimas.

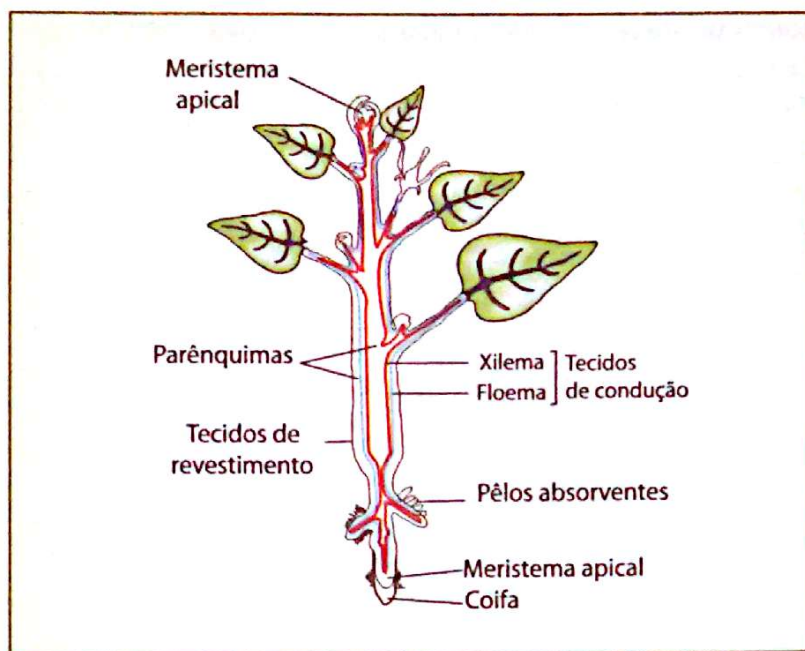


Fig. 2 Localização dos principais tecidos numa planta

Numa planta, os meristemas podem ser **primários** ou **secundários**, dependendo de sua capacidade de permanecer ou não realizando meioses.

Nos **meristemas primários** essa capacidade é contínua podendo ser constatada no crescimento das pontas de caules e raízes.

Da actividade dos meristemas primários resultam células que, por diferenciação, originam **tecidos definitivos** primários que são:

- **Protoderme** – as células resultantes da sua actividade diferenciam-se em epiderme.
- **Procâmbio** – forma células que se diferenciam em tecidos condutores (xilema e floema).
- **Meristema fundamental** – dá origem aos restantes tecidos.

Os **meristemas secundários** resultam de células de tecidos definitivos primários que readquirem a capacidade de se dividir. Localizam-se ao longo de certas zonas da raiz e caule, formando uma camada cilíndrica de células que, por divisão, origina outras células para dentro e para fora, levando ao alargamento do órgão. Este tipo de meristema secundário responsável pelo alargamento é também chamado **câmbio**.

Os tecidos que se diferenciam a partir de meristemas secundários designam-se por **tecidos definitivos secundários**.



## Tecidos definitivos

Os tecidos definitivos formam os diferentes órgãos que constituem as plantas. Sendo assim, eles desempenham actividades muito diversificadas.

As plantas vasculares apresentam três tipos de tecidos definitivos: **dérmico**, **fundamental** e **condutor**. O **tecido dérmico** constitui o revestimento da planta. Nas células do tecido vascular circulam várias substâncias no interior da planta, como água, sais minerais, hidratos de carbono, proteínas e lípidos. Os **tecidos fundamentais** formam a restante parte do corpo dos vegetais com funções diversificadas.

Quadro 1: Tecidos definitivos

Tecidos definitivos vegetais			Funções
	Classificação	Localização	
Tecidos dérmicos	Epiderme	Folha	Protecção; Troca com o meio externo
	Súber	Raiz e caule	Protecção
Tecidos fundamentais	Parênquima	Raiz, caule, folha e frutos	Secreção; Armazenamento de reservas; Fotossíntese
	Colênquima	Por baixo da superfície da planta; Nervuras das folhas	Suporte
	Esclerênquima	Comum em caules e em certas folhas acompanhando as nervuras	Suporte
Tecidos condutores	Xilema	Raiz, caule, folha	Condução de seiva bruta; Suporte
	Floema	Raiz, caule, folha	Condução de seiva elaborada

Seguidamente caracterizam-se alguns dos tecidos definitivos mencionados na tabela acima.

O **parênquima** é conhecido como **tecido fundamental** que constitui, no todo ou em parte considerável, grandes partes da planta. É formado por células vivas, pouco diferenciadas, com paredes finas e flexíveis. A forma das suas células pode variar, desde prismáticas a esféricas.

É possível distinguir entre:

- **Parênquima clorofilino** – cujas células contêm cloroplastos, sendo a sua função relacionada com a actividade fotossintética.
- **Parênquima de reserva** – cujas células apresentam diferentes substâncias armazenadas (por exemplo amido) que podem se encontrar no estado sólido (grânulos) e dissolvidas ou dispersas no citoplasma e nos vacúolos.
- **Parênquima secretor** – cujas células elaboram substâncias não utilizadas na nutrição da planta (por exemplo: resina, látex).
- **Parênquima aerífero** – que apresenta largos espaços intercelulares que permitem grande arejamento (por exemplo, nas plantas aquáticas).

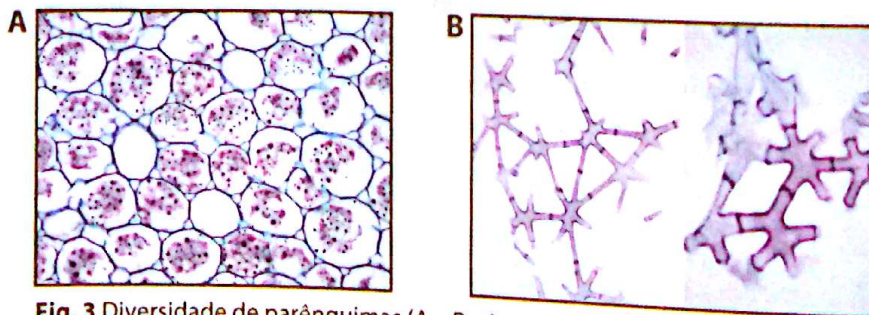


Fig. 3 Diversidade de parênquimas (A – Parênquima de reserva; B – Parênquima de suporte)



O colênquima e o esclerênquima são tecidos de **suporte** e comuns nas raízes, caules e folhas.

O **colênquima** é formado por células **vivas**, cujas paredes apresentam reforços de **celulose** e **pectina** (Fig 4(a)), tendo grande flexibilidade. O **esclerênquima** é constituído, em grande parte, por células mortas, cujas paredes possuem reforços de **lignina**, substância impermeável e rígida. Os dois principais tipos de células de esclerênquima são células longas (**fibras** (Fig. 4(b)) envolvendo vasos condutores do caule e das nervuras) e células cubiformes (**esclereídeos** existentes em caroços, sementes e polpas de frutas (Fig. 4(a))).

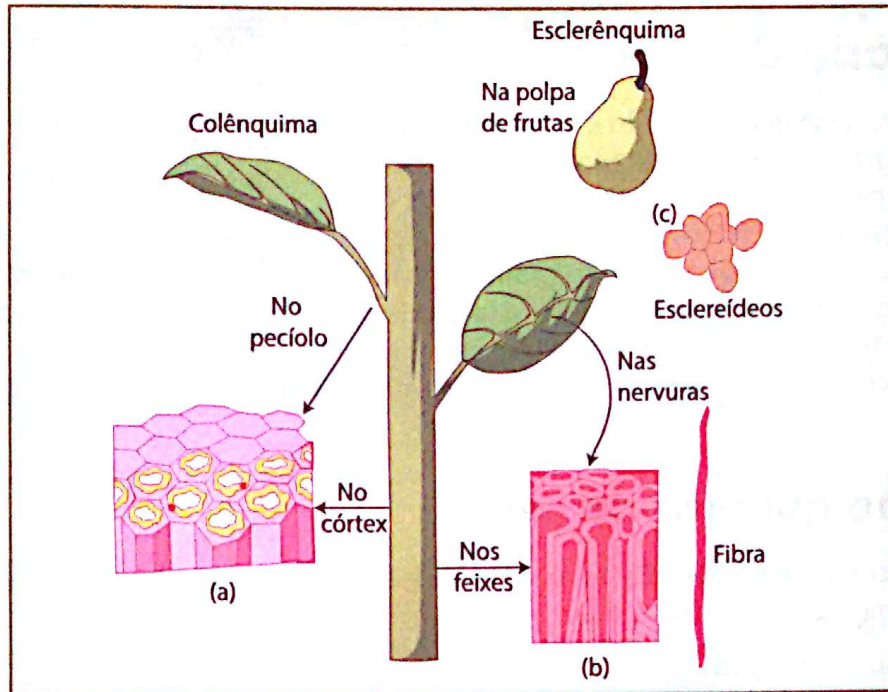


Fig. 4 Localização e estrutura de tecidos de sustentação

O **tecido condutor** transporta as substâncias que devem ser trocadas entre os órgãos da planta. As suas células estão organizadas em feixes vasculares, nos quais predominam os **vasos lenhosos** (condutores da seiva bruta) e os **vasos liberianos** (condutores da seiva elaborada). As células do tecido condutor são de vários tipos, mas apresentam-se reunidas em dois grupos: **lenho** ou **xilema** e **líber** ou **floema**.

No **xilema**, os únicos elementos condutores são os **traqueídes** e as **traqueias**. Os reforços de lignina podem dar diferentes aspectos aos vasos condutores que são, então, definidos como anelados, espiralados, esalariformes, reticulados ou pontuados.



Fig. 5 Alguns tipos de vasos lenhosos



No **floema**, as únicas células condutoras são os vasos liberianos ou vasos crivados. Os septos ou membranas transversais entre essas células não são completamente dissolvidos, ficando com um aspecto característico de crivos (**placas crivadas**).



Fig. 6 Aspecto microscópico de uma placa crivada

## Factores que determinam a fertilidade do solo

O solo é um recurso finito, limitado e não renovável, face às suas taxas de degradação potencialmente rápidas, que têm vindo a aumentar pela pressão crescente das actividades humanas em relação às suas taxas de formação e regeneração extremamente lentas.

A fertilidade dos solos depende de um conjunto de factores, uns de natureza física, outros de natureza química. Da conjugação destes factores, resulta a capacidade de produção do solo que, dependendo do seu perfil (sucessão de horizontes), apenas atinge o seu máximo quando o nível de todos os factores nutritivos e os itinerários técnicos de mobilização foram correctamente ajustados em função das necessidades dos sistemas culturais.

## Composição química do solo

Os solos são constituídos por três fases:

- Sólida (**matriz**)
- Líquida (**solução do solo**)
- Gasosa (**atmosfera do solo**)

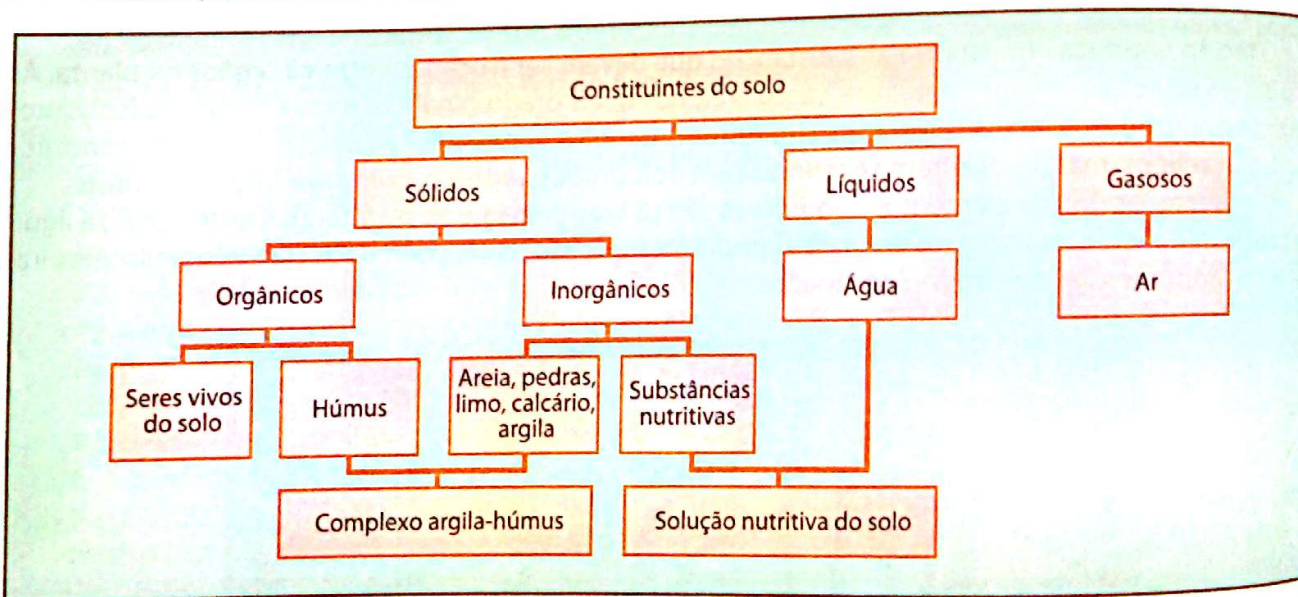


Fig. 7 Composição do solo

A **matriz** contém **substâncias minerais** e **matéria orgânica**. As substâncias minerais dividem-se quanto ao tamanho em elementos grosseiros e terra fina, que inclui a **areia**, o **limo** e a **argila**. A proporção das partículas de diferentes dimensões é designada por **textura do solo**.

A fracção **argila**, principal responsável (conjuntamente com a matéria orgânica) pelas propriedades químicas do solo, é principalmente constituída por minerais argilosos pertencentes aos grupos da caulinita, da esmectita, da vermiculita, da illita ou da clorita. São minerais com uma predominância de cargas negativas



umas permanentes e outras dependentes do pH. Os minerais argilosos diferem quanto às cargas que transportam, superfície específica, capacidade de fixar iões potássio e amónio, e ainda por serem ou não expansíveis.

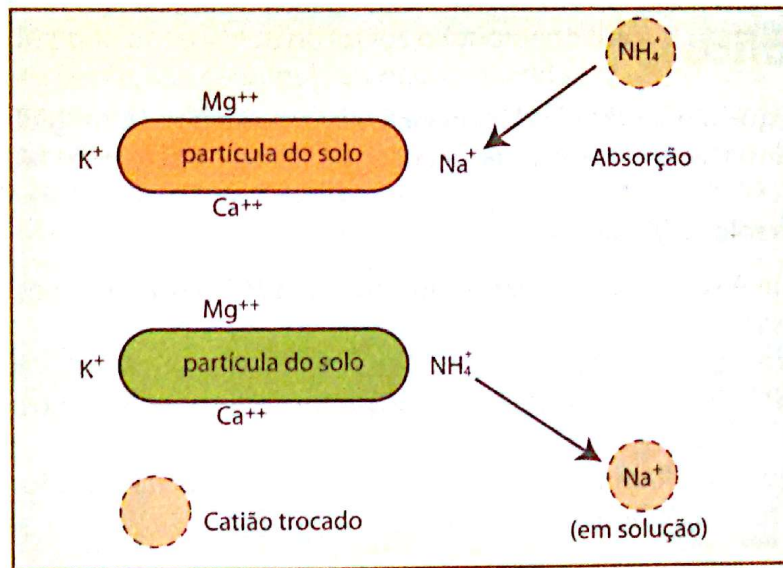


Fig. 8 Exemplo da capacidade de fixar iões pelas partículas que constituem os minerais argilosos.

Na fracção argila existem ainda **óxidos e hidróxidos de ferro, alumínio e manganésio**. Possuem cargas dependentes do pH, podendo apresentar predominância de cargas positivas em solos ácidos. Em regiões áridas e semi-áridas, pode ocorrer acumulação no solo de **carbonatos, sulfatos** ou mesmo **clorretos**.

A **matéria orgânica** inclui uma grande variedade de seres vivos desde bactérias, fungos e actinomicetos, até protozoários, nemátodos, ácaros e anelídeos. Os **organismos do solo**, em especial os microorganismos, vão levar a cabo a decomposição de resíduos orgânicos, mas são também responsáveis pela síntese de moléculas orgânicas de elevada estabilidade – as **substâncias húmicas** – que são o principal constituinte do **húmus** e contribuem para propriedades tão importantes como a capacidade de retenção de água e nutrientes e o poder tampão do solo.

Sendo assim, a manutenção da matéria orgânica do solo é bastante importante, do ponto de vista físico-químico, dado que contribui para a manutenção da sua estrutura, melhora a infiltração e a retenção da água e aumenta a capacidade de troca de certas substâncias contribuindo para o acréscimo da produtividade. O controlo da matéria orgânica do solo é um processo complexo, devendo ser conduzido com vista a reduzir as perdas, embora seja mais fácil alcançar essas perdas do que o seu aumento. Estes objectivos podem ser facilitados pela racionalização dos itinerários técnicos, com a oportunidade das épocas de intervenção, mobilização reduzida, a sementeira directa, a agricultura biológica e a incorporação de resíduos como, por exemplo, o estrume.

A **solução do solo** contém vários elementos na forma de iões livres ou de complexos. Neste sentido, certas substâncias contaminantes podem ser armazenadas no solo. Alguns, como os pesticidas, podem ultrapassar os limites da capacidade de armazenamento e de efeito tampão do solo causando a danificação/perda de algumas das funções deste e a contaminação da cadeia alimentar, dos vários ecossistemas e recursos naturais, pondo em risco a biodiversidade e a saúde humana.

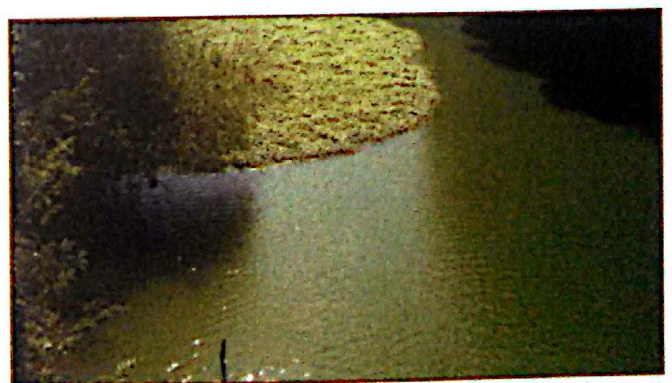


Fig. 9 Os contaminantes acidificantes diminuem gradualmente o efeito tampão dos solos favorecendo a lixiviação de nutrientes, com subsequente perda de fertilidade do solo, eutroficação (ou eutrofização) das águas, abrandamento da actividade biológica e redução da biodiversidade.



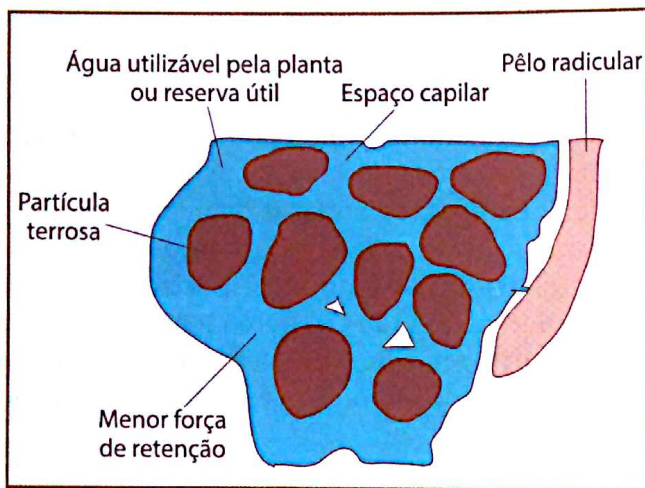
A **atmosfera do solo** tem teores mais baixos de oxigénio e mais altos de vapor de água e dióxido de carbono, por comparação com a atmosfera. Um bom arejamento do solo é indispensável para a respiração das raízes de plantas e dos organismos do solo.

## Rede hidrográfica

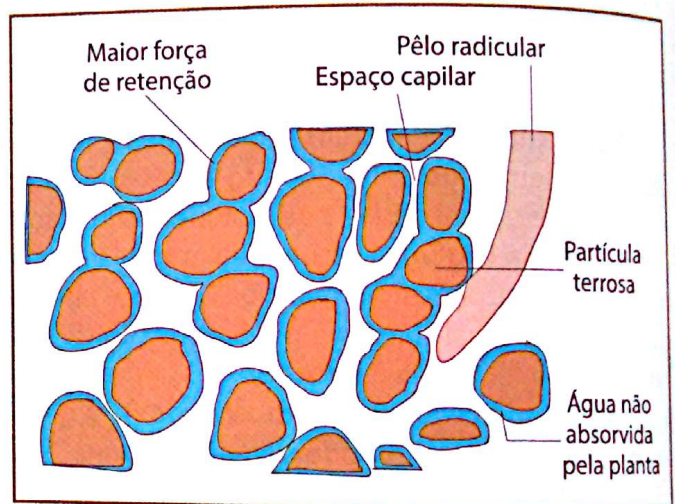
É importante notar que a quantidade de água existente no solo só tem significado quando considerada em conjunto com a força com que a água se encontra retida no solo. Este facto facilita ou não a sua absorção pelas plantas.

A água existente no solo abrange:

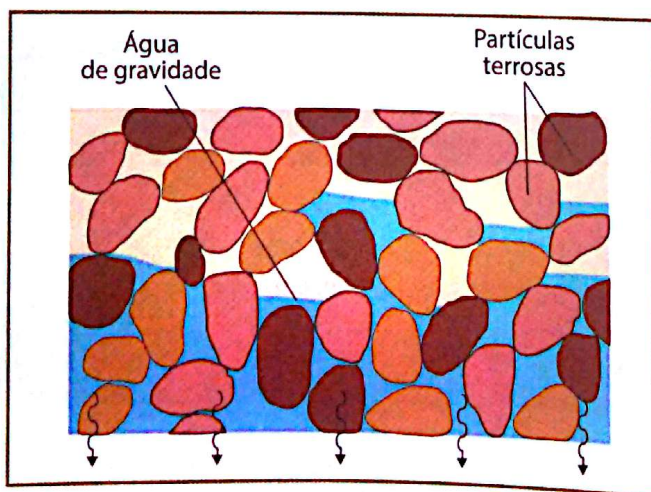
- **Água capilar** – que é sujeita a fenómenos de capilaridade no solo e se desloca nos espaços entre as partículas terrosas.
- **Água higroscópica** – que é fixada na superfície das partículas terrosas por absorção.
- **Água gravitacional** – que não é retida no solo, deslocando-se apenas nos macroporos por acção da gravidade.
- **Água freática** – que se infiltra no solo e se acumula junto à rocha-mãe, formando uma zona permanentemente saturada de água.



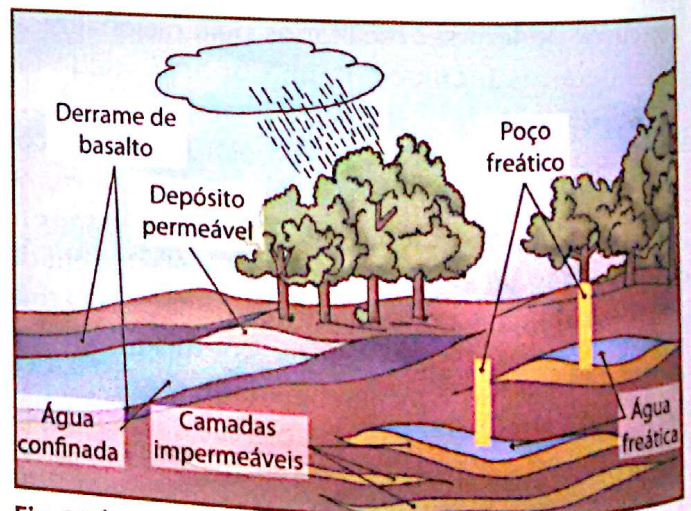
**Fig. 10** A água está retida em volta das partículas terrosas ou nos espaços capilares e é facilmente absorvida pelas raízes (água capilar).



**Fig. 11** A água está fortemente retida em volta das partículas terrosas e não é absorvida pelas plantas (água higroscópica).



**Fig. 12** A água contida nos macroporos escoia-se por acção da gravidade (água gravitacional).



**Fig. 13** Água freática acumulada junto à rocha-mãe.



Se comparar o tamanho das partículas que compõem a areia com as partículas que compõem a argila, verifica-se que as primeiras são muito maiores do que as segundas. Deste modo, quanto maiores forem as partículas de um solo, maiores são os espaços entre elas (**poros**) e, conseqüentemente, mais facilmente passa a água. O respectivo fenómeno é chamado **porosidade** do solo.

Além da porosidade pode observar-se nos solos o fenómeno físico da **capilaridade**. As forças, tanto as de adesão como as de coesão, são responsáveis pela capilaridade.

A água que se infiltra no solo, devido à sua forte capacidade de estabelecer ligações moleculares, permite manter um certo grau de coesão entre as partículas. No entanto, se a concentração de água for muito elevada, o volume desta aumenta e conduz à saturação do solo. A tensão exercida pela água é tal que leva a que as partículas desse solo se afastem (menor força de atrito) criando situações de instabilidade e provocando o movimento de materiais ao longo dessa vertente.

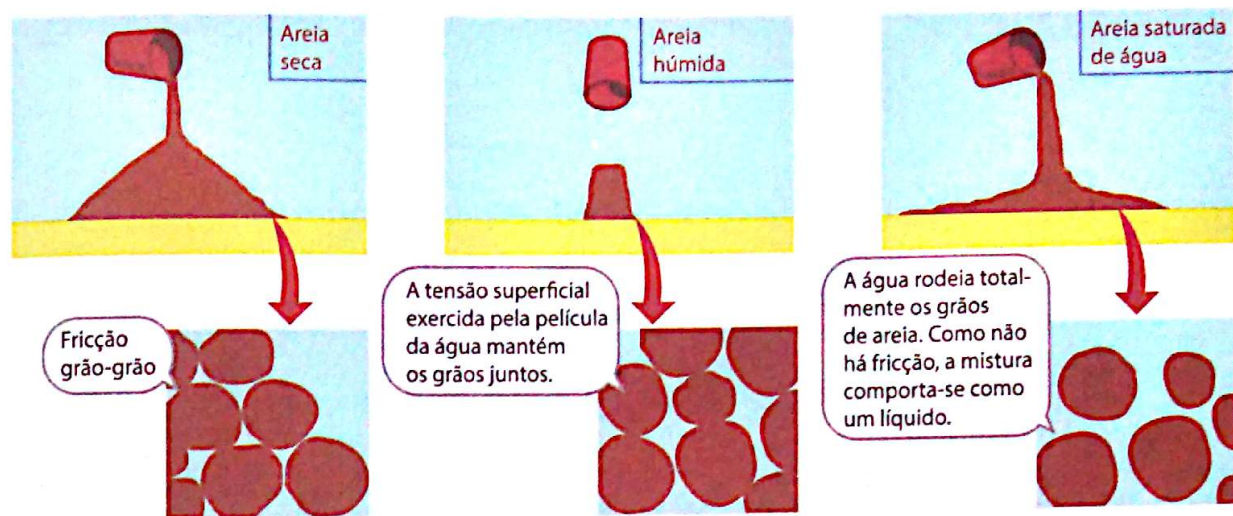


Fig. 14 Os pequenos espaços entre as partículas terrosas são responsáveis pela permeabilidade e humidade dos solos.

O quadro que se segue apresenta resumidamente algumas propriedades dos solos conforme a textura predominante.

Quadro 2: Algumas propriedades dos solos conforme a textura

Textura fina Solos argilosos	Textura média Solos francos	Textura grossa Solos arenosos
Elevada capacidade de retenção de água	↔	Baixa capacidade de retenção de água
Difícil circulação de água	↔	Fácil circulação de água
Elevada coesão	↔	Baixa coesão
Consistência plástica, pegajosa (molhado) e dura (seco)	↔	Consistência friável (seco ou molhado)
Menor densidade do solo	↔	Maior densidade do solo
Maior porosidade total	↔	Menor porosidade total
Maior microporosidade	↔	Maior macroporosidade
Arejamento deficiente	↔	Bom arejamento
Superfície específica elevada	↔	Superfície específica baixa
Solos bem estruturados	↔	Solos sem estrutura
Difícil preparo mecânico, pouco lavados e mais ricos em elementos fertilizantes	↔	Fácil preparo mecânico, mais lavados e mais pobres em elementos fertilizantes



## Decomposição do solo

Como já foi dito anteriormente, o solo constitui uma reserva mineral importante para as plantas. A riqueza mineral do solo é mantida ou melhorada pelos **fertilizantes** que podem ser **correctivos** ou **adubos**. O adubo pode ser obtido a partir de detritos orgânicos (restos de plantas, cadáveres de animais e seus excrementos) a que se dá o nome de **estrume**.

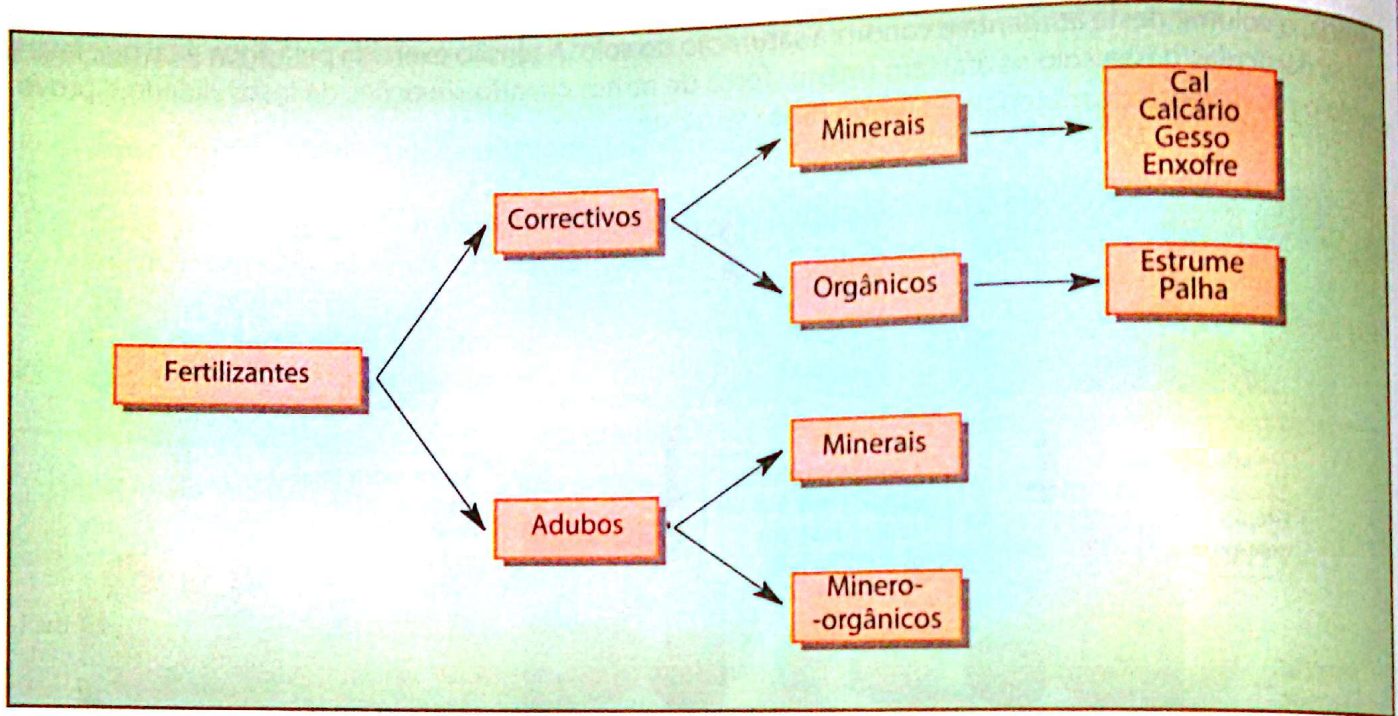


Fig. 15 Classificação de fertilizantes

Designam-se por **macronutrientes** os elementos minerais que as plantas absorvem em maior quantidade, tais como N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Cl e Si. De entre estes, os **principais** são N, P e K porque, além de serem absorvidos em quantidades elevadas, não existem, geralmente, no solo em teores suficientes para satisfazerem as necessidades das culturas. Torna-se, por isso, necessária a sua aplicação através de adubos.

Os restantes designam-se por **secundários**, ainda que sejam absorvidos em quantidades elevadas. Admite-se, geralmente, que existem no solo em teores susceptíveis de dispensar a sua aplicação.

No entanto, a designação de secundários não significa que tenham menor interesse para a nutrição das plantas.

Os **micronutrientes** são os elementos minerais que a planta consome em menor quantidade e manifestam toxicidade quando existem em excesso no solo. Consideram-se micronutrientes Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo e Al.

O solo contém certa quantidade de substâncias orgânicas provenientes da decomposição de cadáveres de animais e dos restos vegetais. A decomposição origina o **húmus**, formado por uma mistura de solo e matéria orgânica parcialmente degradada. Com a decomposição, os minerais que constituíam a matéria orgânica são libertados, fertilizam o solo e ficam disponíveis à absorção pelas plantas. A transformação da matéria orgânica em húmus é designada **humificação** e é efectuada por bactérias e fungos existentes no solo. A humificação depende das condições ambientais, como mostra a figura seguinte.



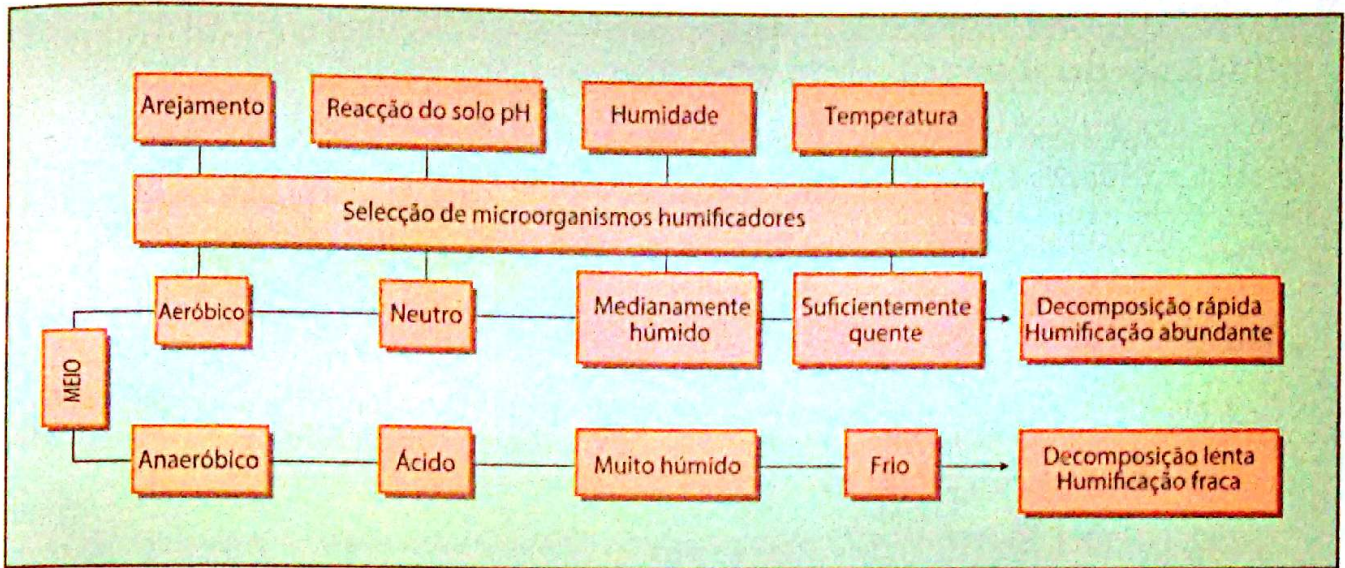


Fig. 16 Condições ambientais que influenciam a humificação.

## Quantidade de animais

Além de serem determinantes na formação dos solos, os seres vivos que vivem neles desempenham outras tarefas extremamente importantes para a produção e manutenção de solos férteis. Animais como as toupeiras, as formigas, as minhocas, os ratos (que fazem parte do grupo **macrobiota** ou **macrofauna**) e pequenos vermes e larvas (que constituem o grupo **mesobiota** ou **mesofauna**) revolvem o solo durante a produção de galerias onde se instalam, produzindo uma autêntica lavra. Sendo assim, contribuem para arejar o solo e, também, para facilitar a circulação de água que é fundamental, sobretudo, para as plantas.

Por outro lado, os diversos organismos decompositores como, por exemplo, certos fungos e bactérias (grupo **microfauna**) transformam a manta-morta em húmus. Existem ainda microorganismos que vivem nas raízes de certas plantas, que enriquecem o solo com azoto produzindo uma autêntica **adubação natural**.

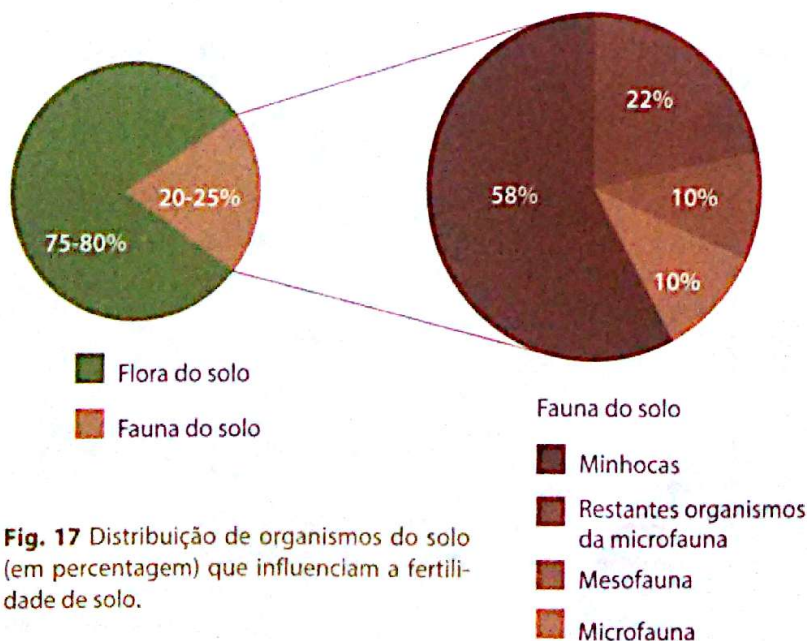


Fig. 17 Distribuição de organismos do solo (em percentagem) que influenciam a fertilidade de solo.



**Actividade****Influência da variação das quantidades de minerais e de húmus**

Um solo é sempre constituído por **matéria mineral** (areia, calcário, limo, argila que, por sua vez, são compostos de diferentes elementos químicos), **matéria orgânica** (conjunto de substâncias provenientes dos restos vegetais, dejectos e cadáveres de animais; o húmus é uma parte dessa matéria orgânica que sofreu intensa decomposição), **ar e água**.

**Material**

Plantas de feijoeiro em igual estado de desenvolvimento (As sementes devem ser colocadas a germinar com o devido tempo de antecedência - 15 dias), quatro (4) copos de vidro, água, água com fertilizantes dissolvidos (contactar casa de agricultores), húmus e terra.

**Procedimento 1****Influência da variação das quantidades de minerais**

1. Em cada um dos dois copos, introduza igual volume de líquidos (água e água com fertilizantes dissolvidos).
2. Coloque, em cada um dos copos, uma planta de feijoeiro. Etiquete-os, referenciando a solução que contêm.
3. Assinale o nível de líquido em cada um dos copos.
4. Coloque os copos nas mesmas condições de luz, temperatura e humidade.
5. Renove, semanalmente, a solução de cada um dos copos.
6. Observe, periodicamente, o desenvolvimento das plantas.
7. Registe os resultados e interprete-os.

**Procedimento 2****Influência da variação da quantidade de húmus**

1. Em cada um dos dois copos, introduza igual volume dos sólidos (terra e terra misturada com húmus).
2. Coloque, em cada um dos copos, uma planta de feijoeiro. Etiquete-os, referenciando o tipo de solo que contêm.
3. Coloque os copos nas mesmas condições de luz, temperatura e humidade.
4. Regue, regularmente, as plantas em cada um dos copos.
5. Observe, periodicamente, o desenvolvimento das plantas.
6. Registe os resultados e interprete-os.



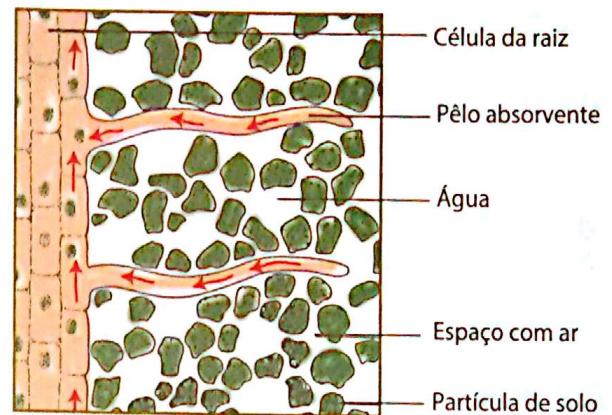
# Anatomia das raízes

## Absorção de água e sais minerais

A maior parte da água e dos solutos (nutrientes minerais dissolvidos na água) são absorvidos por meio de pêlos absorventes da raiz. Este processo é também chamado **absorção radicular**. Os pêlos absorventes são longas expansões filamentosas das células epidérmicas da raiz na zona pilosa. São, portanto, unicelulares e estendem-se em grande área de solo junto à planta, infiltrando-se nos espaços microscópicos entre as partículas do solo.

Como já aprendeu, a água tende a deslocar-se de regiões de baixa concentração em soluto (**solução hipotônica**) para regiões de elevada concentração em soluto (**solução hipertônica**), ou seja, a água movimenta-se de regiões de elevado potencial de água para regiões de baixo potencial através de membranas semipermeáveis. Assim, as concentrações das duas soluções tendem a igualar-se através do processo de **osmose**.

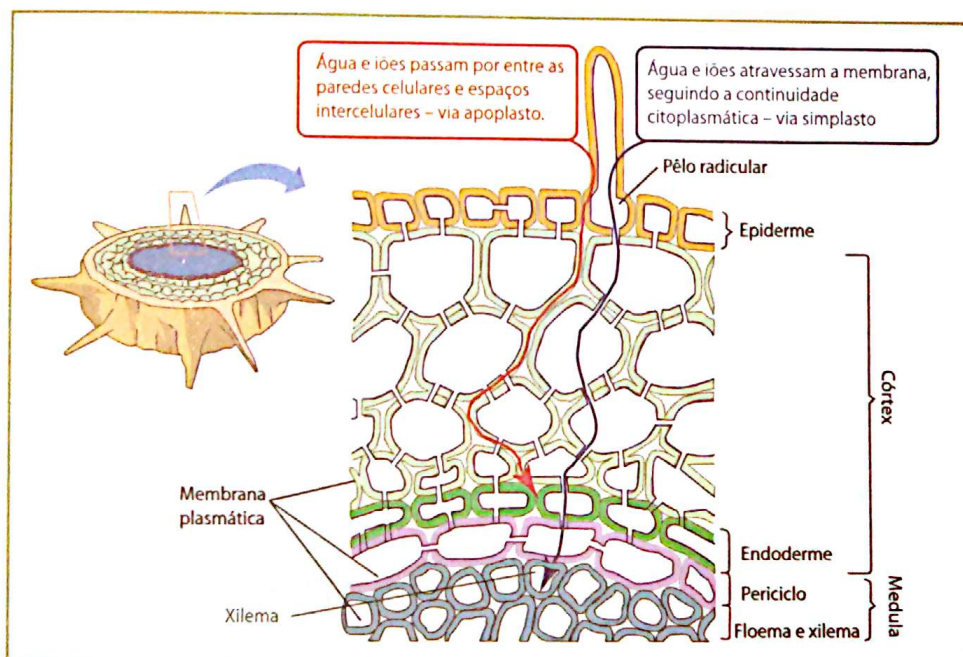
Em regra, dentro das células da raiz é maior a concentração de soluto do que no exterior, havendo, pois, maior potencial de água no exterior do que no interior das células epidérmicas. Assim, a água tende a entrar na planta, movendo-se do exterior para o interior da raiz por osmose.



**Fig. 18** A água com os sais minerais nela dissolvidos são absorvidos por meio de pêlos absorventes na zona pilosa da raiz.

Os iões minerais que estão presentes na solução do solo em concentração elevada podem entrar nas células da raiz por **difusão simples (transporte passivo)** através da membrana do pêlo absorvente.

A solução do solo é usualmente muito diluída e verifica-se que as raízes podem acumular iões minerais em concentrações que são centenas de vezes maiores do que as concentrações destes iões no solo. Nestas condições, o movimento destes iões ocorre contra o gradiente de concentração. A entrada nas células da raiz é um **transporte ativo** e requer disponibilidade de energia.



**Fig. 19** Caminho da água e dos solutos na raiz



Feita a absorção pelas células epidérmicas da raiz, a água e os sais minerais nela dissolvidos podem seguir dois caminhos:

- a) Através de espaços intercelulares, as soluções atingem as células endodérmicas e daí os vasos lenhosos (xilema). Esta via é conhecida como **via apoplasto**. Esse trajecto é mais rápido e directo.
- b) Pela passagem de célula para célula, atravessando membranas celulares e o citoplasma até à endoderme e daí para os vasos lenhosos (xilema). Esta via é designada **via simplasto**. Esse percurso é mais demorado e depende da osmose e do transporte activo.

Poderia parecer vantajoso que a planta tivesse apenas tecidos para absorver mais rapidamente. No entanto, o percurso mais demorado garante uma melhor filtragem e, portanto, maior selectividade de substâncias que podem chegar aos demais tecidos da planta.

A água e os solutos constituídos principalmente por iões minerais, uma vez chegados ao xilema, podem agora ascender, constituindo a **seiva bruta** (ou **seiva xilémica**).



## Actividade

### Simulando a permeabilidade da membrana

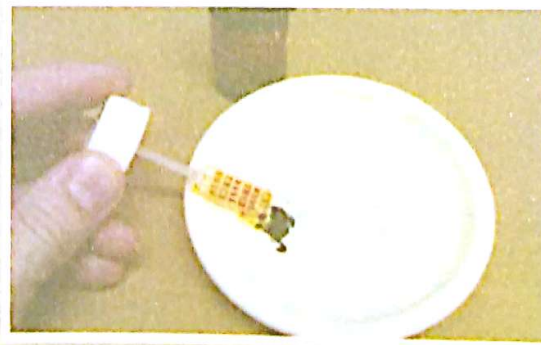
#### Material

Um plástico fino e aderente para envolver alimentos, uma colher, pires, farinha de trigo, um copo com água, solução de iodo (farmácia).



#### Procedimento

1. Coloque um pouco de farinha de trigo em cima de um pires.
2. Acrescente uma gota de iodo sobre ele, registando o que ocorre.





3. Em seguida, coloque água no copo com um pouco de iodo e tape com o plástico fino. Em cima do plástico deve-se pôr uma colher de farinha de trigo.



4. Introduza o plástico no copo com uma colher de farinha de trigo, formando uma pequena bolsa.



5. Acrescente um pouco de água na farinha e feche o plástico, deixando-o preso em um dos lados do copo.



6. Aguarde alguns minutos e registre o que ocorre.





## Tipos de membranas

Para a circulação da seiva dentro das plantas é necessário que a água e as substâncias nela dissolvidas ultrapassem as membranas. A **membrana plasmática** é a principal responsável por manter a identidade química das células vegetais, ou seja, controla constantemente o tipo de substância que entra ou sai. Sendo assim, as membranas plasmáticas possuem ou não uma certa **permeabilidade**. Este facto possibilita distinguir diferentes tipos de membranas:

- **Membranas impermeáveis** – não permitem a passagem nem dos solutos e nem do solvente.
- **Membranas permeáveis** – são aquelas que permitem a passagem, através delas, tanto dos solutos como do solvente.
- **Membranas semipermeáveis** – são as que permitem a passagem do solvente, mas impedem a passagem dos solutos.
- **Membranas selectivamente permeáveis** – permitem a passagem do solvente e também de alguns tipos de solutos. Permeável, já que as substâncias podem atravessá-la e selectiva porque «decide» o que entra e o que sai. Os factores que determinam quais são os solutos capazes de atravessar a membrana, ou não, são o tamanho da molécula, a sua carga eléctrica e a sua polaridade, entre outros.

A passagem de partículas através das membranas é aleatória e, muitas vezes, acontece em maior fluxo do local de maior concentração para o local de menor concentração. Esse tipo de movimento é chamado a **favor do gradiente de concentração**. Esse movimento acontece até que se estabeleça, igualdade de concentração entre os dois meios, ou seja, até que a distribuição de partículas seja uniforme.

O esquema e a experiência que se seguem representam o fenómeno acima descrito. No entanto, é necessário sublinhar o facto de que, quando se diz que uma solução é muito concentrada, refere-se à concentração de soluto e não de solvente. Por esse motivo, diz-se que a **osmose** é o processo físico da passagem de água, através de uma membrana semipermeável, do **local de menor concentração de soluto** (que é o mais concentrado em água) para o **local de maior concentração de soluto** (que é o menos concentrado em água).

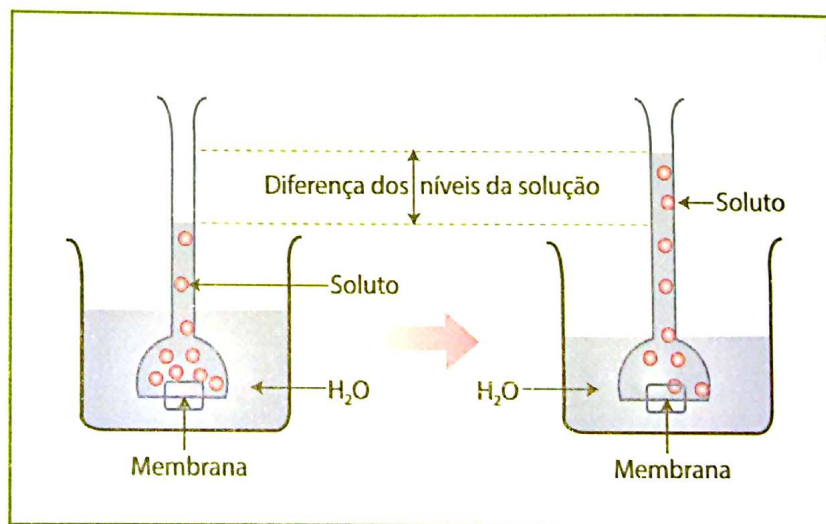


Fig. 20 Representação esquemática da osmose



## Circulação da seiva bruta

### Causas do movimento da seiva bruta

As plantas perdem grande quantidade de água por transpiração, especialmente através das folhas. Todavia, essa água que perdem é substituída por outra, transportada essencialmente num sistema contínuo de xilema (vasos lenhosos), desde a raiz, passando pelo caule, até às folhas. As substâncias dissolvidas na água são transportadas passivamente ao nível do xilema.

Como explicar a subida da seiva bruta até à copa de algumas árvores, às vezes localizada a dezenas de metros acima do nível do solo?

Várias teorias têm sido sugeridas, envolvendo todas elas a acção de forças físicas como causa do movimento da água e de solutos no xilema: **coesão**, **adesão**, **pressão radicular**, **capilaridade** e **transpiração**.

### Coesão

As moléculas de água tendem ligar-se umas às outras por ligações de hidrogénio que se estabelecem entre os átomos de hidrogénio e uma molécula e os átomos de oxigénio das moléculas adjacentes. Devido às forças de **coesão**, as moléculas de água permanecem unidas umas às outras resistindo à separação, formando, assim, uma coluna contínua dentro dos vasos de transporte que constituem os vegetais.

### Adesão

Além das forças de coesão, a água também pode aderir-se a outras moléculas. Isso pode ocorrer graças à sua polaridade. A água tende a atrair e ser atraída por outras moléculas polares. Essa atracção entre as moléculas de água e outras moléculas polares é chamada de **adesão**. A força de atracção que permite o fenómeno da adesão é de origem electromagnética e é devida às pequenas diferenças de carga entre as superfícies de materiais diferentes. Quanto maior é o contacto entre as superfícies, maior será a força electromagnética resultante.

Nas plantas, as moléculas de água aderem provavelmente às paredes celulares do xilema.

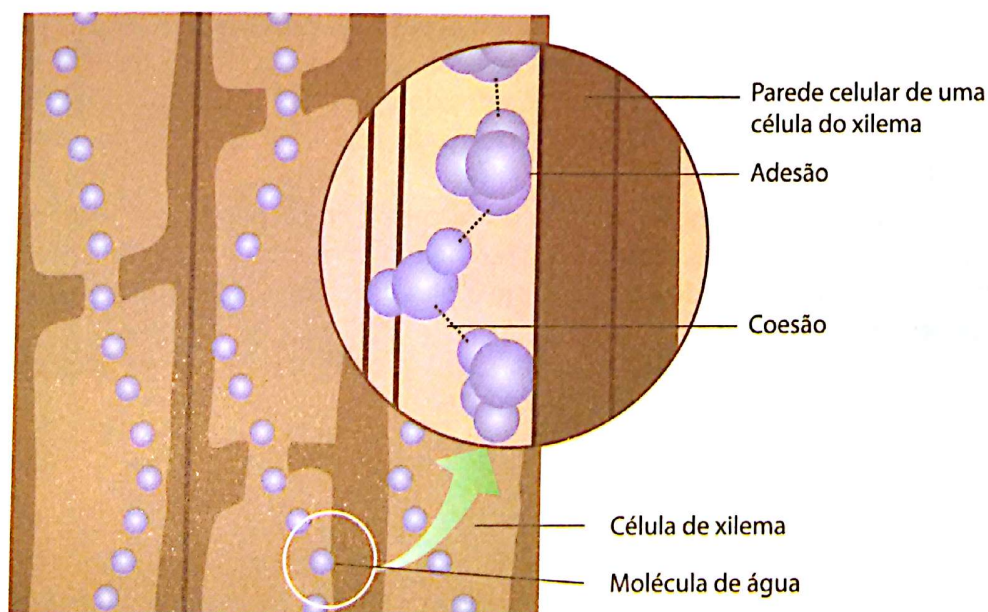


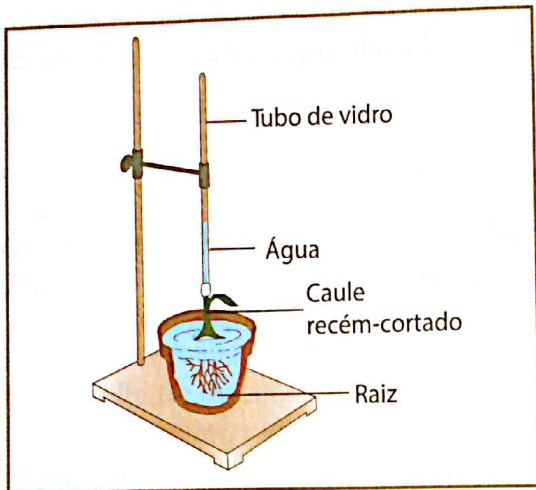
Fig. 21 Forças de coesão e adesão responsáveis pela circulação da seiva bruta nas plantas



## Pressão radicular

As raízes de muitas plantas empurram a seiva bruta para cima, fenómeno conhecido como **pressão radicular**. Em certas plantas, verificou-se que a pressão radicular é suficiente para elevar a coluna de água nos vasos xilemáticos a alguns metros de altura. Este fenómeno é causado pela contínua e activa acumulação de iões minerais pelas raízes da planta. O transporte activo desses iões para as células da raiz aumenta o potencial de soluto, o que tem como consequência o movimento de água para o interior da planta. A acumulação de água nos tecidos provoca uma pressão que força a água a subir no xilema.

Em certas circunstâncias, quando a pressão radicular é muito elevada, a água ascende até às folhas, onde é libertada sob forma líquida. Este processo é também conhecido como **gutação**.



**Fig. 22** Pode-se medir a pressão radicular pelo deslocamento da coluna de água num tubo de vidro adaptado a um caule recém-cortado.



**Fig. 23** Fenómeno de gutação

## Capilaridade

A **capilaridade** é um fenómeno físico que resulta das propriedades de **adesão** e **coesão** manifestadas pelas moléculas de água. As moléculas de água são capazes de subir espontaneamente por um tubo muito fino (capilar) devido à sua adesão às paredes do tubo. Como as moléculas de água mantêm-se coesas por pontes de hidrogénio, as que aderem às paredes do capilar arrastam consigo as demais moléculas. A água pára de subir no tubo capilar quando a força de adesão se torna insuficiente para vencer o peso da coluna líquida.

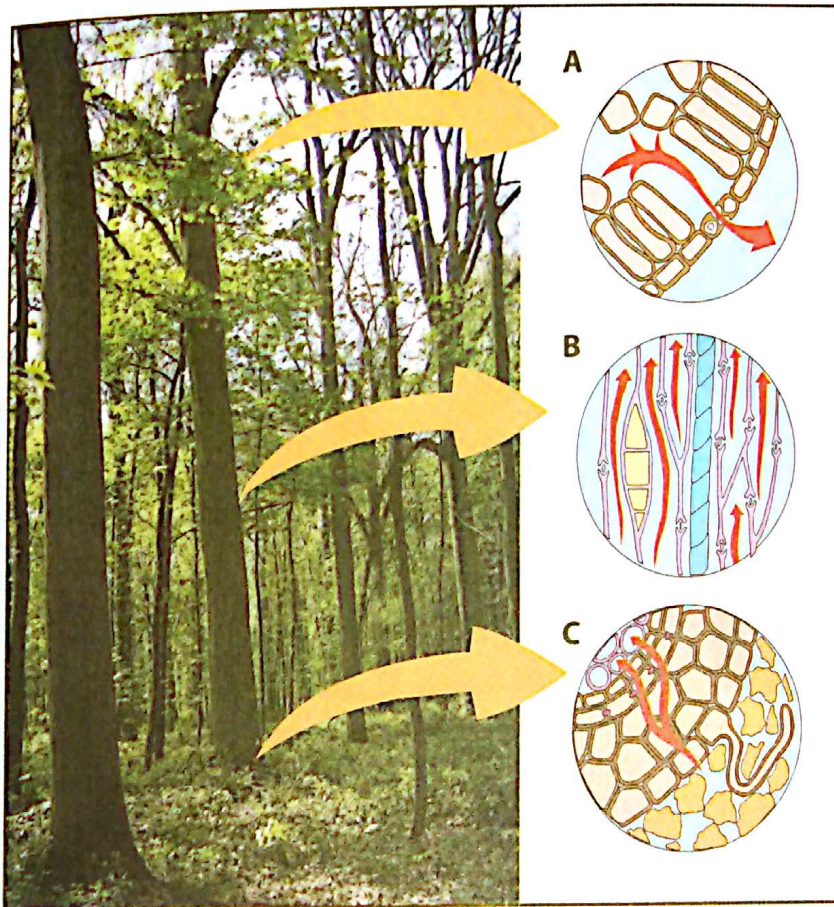
A altura que a coluna líquida atinge, depende do diâmetro do capilar. Quanto menor o diâmetro do tubo, mais alto a coluna de água subirá. E vice-versa. Esse fenómeno ocorre porque quanto mais aumenta o diâmetro do tubo, menos moléculas de água aderem à parede em relação ao número de moléculas que são arrastadas para cima.



## Transpiração

Geralmente, durante o dia, a intensidade de transpiração excede a de absorção da água do solo, o que provoca um déficit de água nas folhas (**tensão**). Observa-se então o fenômeno da evaporação da água, saindo vapor de água da planta através dos estomas. Esta perda de água por evaporação através da superfície corporal é a **transpiração**.

A tensão provoca uma sucção de água exercida pelas folhas que puxa a seiva bruta para cima. Essa sucção é possível porque a seiva bruta forma uma coluna líquida contínua dentro dos tubos xilemáticos. Nessa coluna, as moléculas de água mantêm-se unidas por forças de coesão. Como já foi dito, as moléculas de água têm também grande capacidade de adesão a outras substâncias e, provavelmente, aderem às paredes celulares do xilema. Devido a forças de tensão-coesão-adesão estabelece-se uma coluna líquida contínua no xilema entre as folhas e a raiz, chamada **corrente de transpiração**. Para que este sistema funcione, a coluna líquida tem de se manter contínua e sem que qualquer bolha de ar penetre e a interrompa. O movimento brusco das plantas em dias de ventania ou o arrefecimento intenso da água podem levar à interrupção dessa coluna ficando interpostas bolhas de ar. O vaso deixa de ser funcional se não se restabelece a continuidade da coluna líquida no xilema.



**Fig. 24** A– Quando uma planta perde água por transpiração, a tensão criada nas folhas puxa a água dos vasos xilemáticos.

B– Como as moléculas de água se mantêm coesas desde as raízes até às folhas, toda a coluna líquida sobe tal como uma corda sendo puxada para cima.

C– A tensão da coluna líquida chega até às raízes retirando água das suas células. As raízes, então, absorvem água do solo.



## Estrutura, funções e propriedades dos estomas

As folhas de uma planta podem perder diariamente o seu próprio peso em água. Daí torna-se necessário controlar a transpiração. São os **estomas** que podem controlar a quantidade de água perdida devido à capacidade que têm de abrir e fechar.

Um estoma é formado por duas células em forma de rim, ricas em **cloroplastos**, denominadas **células-guarda**. As suas paredes celulares que rodeiam a abertura do estoma (**ostíolo**) são mais espessas que as paredes que contactam com as outras células da epiderme. As zonas mais finas das paredes das células-guarda têm maior elasticidade que as zonas de maior espessura. Esta característica permite-lhes abrir ou fechar o estoma de acordo com o seu grau de turgescência.

Quando a célula está túrgida, devido ao aumento de volume, a água exerce pressão sobre a parede celular (**pressão de turgescência**). A região delgada da parede da célula-guarda distende-se mais do que a zona mais espessa. Este movimento provoca a abertura do estoma.

Quando as células-guarda perdem água, a pressão de turgescência diminui e o estoma recupera a sua forma original. Em consequência, o ostíolo fecha-se.

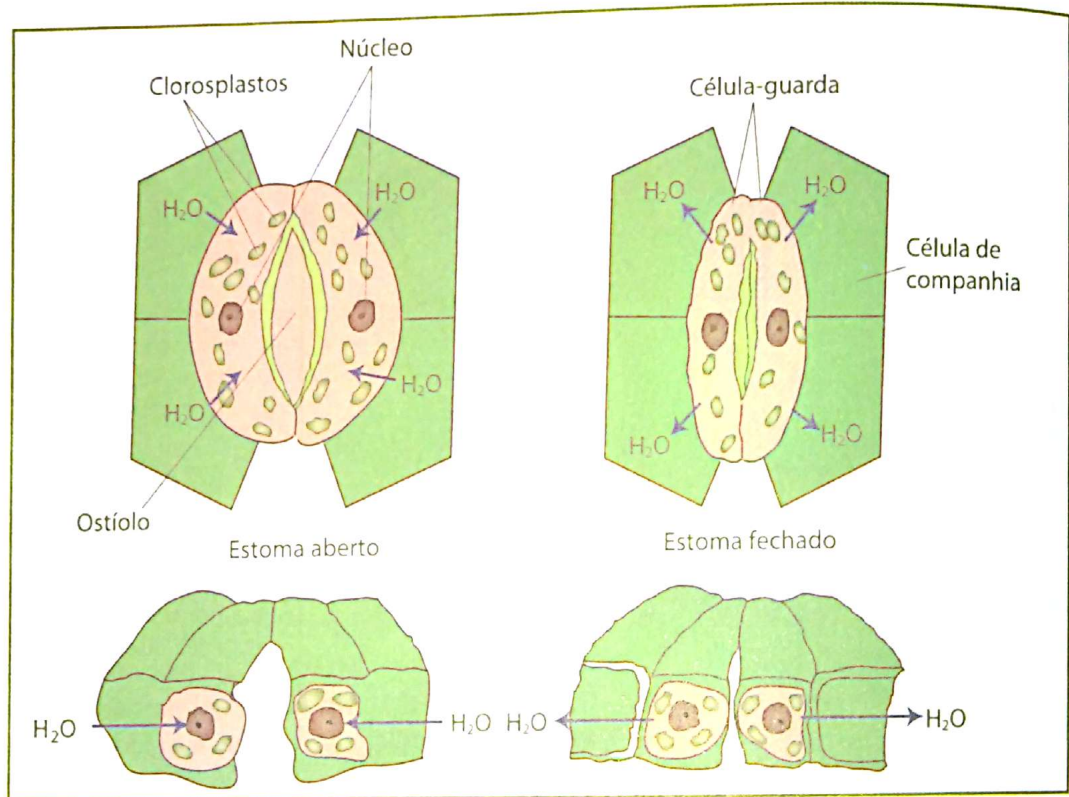


Fig. 25 Funcionamento dos estomas





## Actividade

# Ascensão da seiva bruta e transpiração foliar

## 1. Transporte de seiva bruta

A água e os sais minerais absorvidos pelas raízes são transportados através dos vasos xilemáticos até às pétalas da flor.

### Material

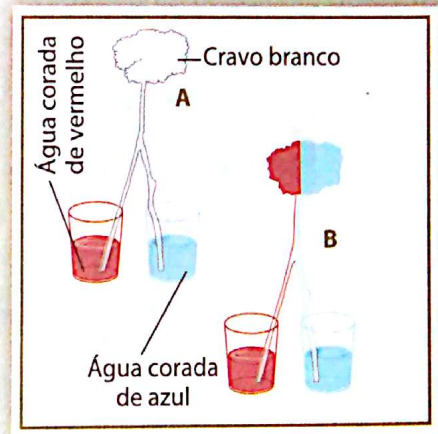
Dois (2) copos de vidro, corante alimentar (azul e vermelho), plantas com flores brancas e tesoura

### Procedimento de segurança

Utilize cuidadosamente os objectos cortantes.

### Procedimento

1. Deite um pouco de corante alimentar dentro de cada copo. Depois junte um pouco de água.
2. Com a tesoura, corte o pé da flor ao meio no sentido longitudinal, até cerca de metade da altura.
3. Introduza uma das pontas do pé da flor na água azul e a outra na água vermelha.
4. Deixe a flor (ou flores) durante 48 horas e observe.



## 2. Transpiração foliar

As plantas absorvem água do solo através das raízes. Esta água sobe pelo caule até às folhas, onde cerca de 90 % se perde pela evaporação através dos estomas aí existentes. Certas árvores chegam a perder até 6 810 l de água num período de 12 horas.

### Material

Planta em crescimento num vaso, saco de plástico transparente e fita adesiva ou elástico.

### Procedimento

1. Cubra uma das folhas com o saco de plástico.
2. Usando a fita adesiva ou o elástico, feche o saco de plástico em volta da base da folha.
3. Coloque a planta num local onde receba luz em abundância durante duas ou três horas.
4. Observe o interior do saco e interprete os resultados obtidos.





## Circulação da seiva elaborada

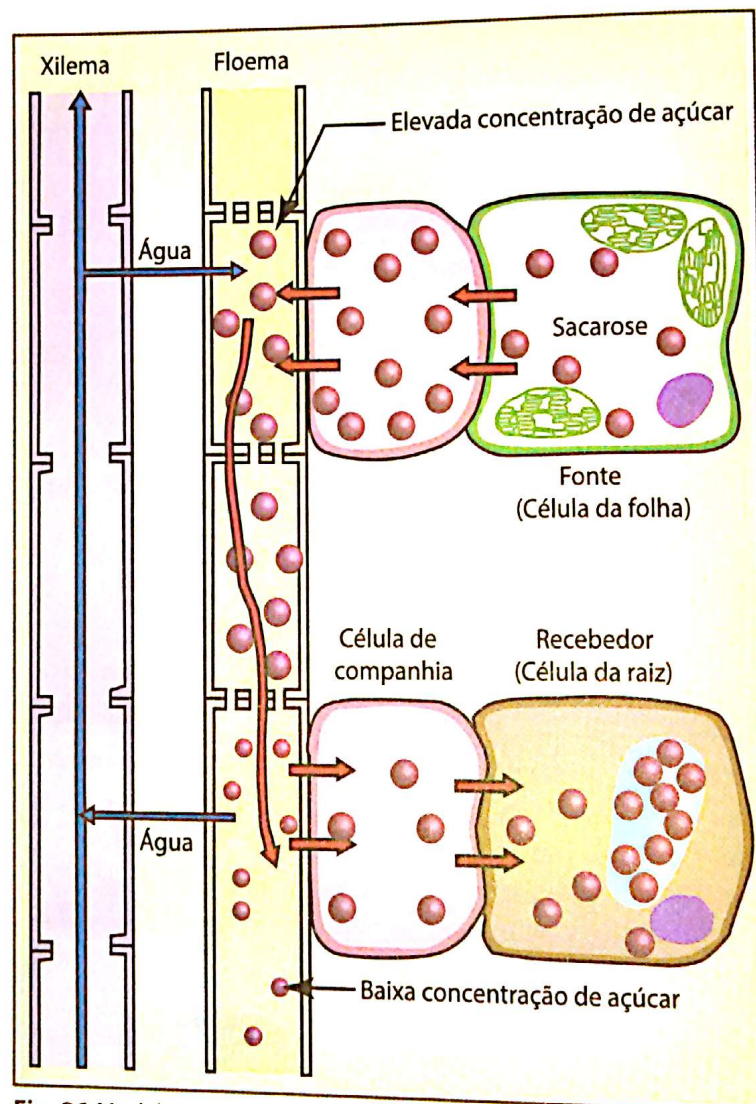
A translocação das substâncias produzidas nos órgãos fotossintéticos (**seiva elaborada**) ocorre através dos elementos condutores do floema.

Ernst Münch, fisiólogo alemão, apresentou em 1926 a hipótese do **fluxo de massa** ou **fluxo sob pressão**. Segundo esta hipótese, o transporte floémico ocorre devido a um gradiente de concentração de sacarose, que se estabelece entre:

- O órgão da planta onde o açúcar é produzido ou mobilizado a partir de certas reservas (a chamada **fonte**).
- O órgão da planta onde o açúcar é consumido ou fica em reserva (o **local de consumo** ou **de reserva**).

Assim, a glicose elaborada, em regra, nas folhas, é convertida em sacarose antes de entrar no floema. A sacarose é transportada dos locais onde é elaborada para locais onde é gasta ou armazenada (por exemplo: nas raízes, nos frutos ou nas sementes) havendo um movimento de regiões de alta pressão osmótica para regiões de baixa pressão osmótica.

Presentemente, admite-se que o movimento da seiva elaborada se efectua por **fluxo de massa associado a transporte activo**, sempre que o açúcar se desloca **contra o gradiente de concentração**.



**Fig. 26** Modelo de fluxo de massa que descreve o transporte da seiva elaborada na planta.



## Função dos plastídeos

Os **plastos** (ou **plastídeos**) são organelos citoplasmáticos característicos de células vegetais. Sua forma e tamanho variam conforme o tipo de organismo. Em algas, por exemplo, cada célula possui apenas um ou poucos plastos de grande tamanho.

Os plastos podem ser incolores (**leucoplastos**) ou possuir pigmentos (**cromoplastos**).

Os **leucoplastos** são frequentemente relacionados com a reserva de alimentos. Um leucoplasto muito comum, o **amiloplasto**, armazena amido e encontra-se em tecidos de reserva das plantas.

O **cromoplasto** mais frequente nas plantas é o **cloroplasto**, cujo principal pigmento é a **clorofila**, de cor verde. Há também plastos vermelhos, os **eritoplastos**, que se desenvolvem, por exemplo, em frutos maduros de tomate.

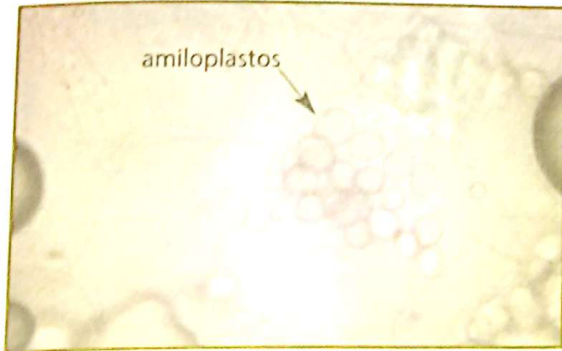


Fig. 27 Aspecto microscópico de amiloplastos

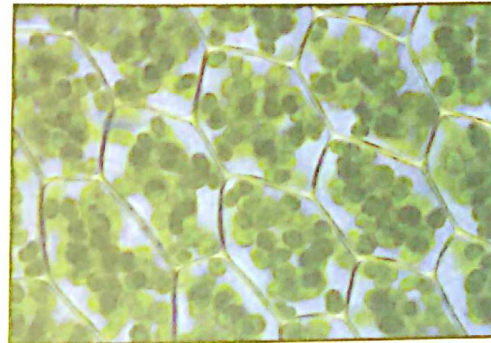


Fig. 28 Aspecto microscópico de uma célula com cloroplastos que contêm clorofila.

## Estrutura e funções dos cloroplastos

Nos eucariontes vegetais, a fotossíntese ocorre em organelos celulares designados **cloroplastos**.

Nos vegetais superiores, os cloroplastos localizam-se essencialmente nas células das folhas. Encontram-se dispersos no citoplasma, com uma forma discóide de aproximadamente 3  $\mu\text{m}$  a 10  $\mu\text{m}$  de diâmetro, aparecendo ao microscópio óptico sob a forma de grãos de cor verde. O seu número é variável, podendo cada célula da folha conter 40 a 50 cloroplastos, sendo comum haver 5 000 000/ $\text{mm}^2$  de superfície da folha.

Esses organelos celulares são delimitados por duas **membranas (externa e interna)** e preenchidos por um fluido gelatinoso chamado **estroma**. Os cloroplastos devem a sua cor verde à presença de pigmentos – as **clorofilas**. Como já foi referido na unidade de Citologia, as clorofilas e outros pigmentos fotossintéticos encontram-se localizados num sistema de membranas (**tilacóides e lamelas**) que atravessa o **estroma**. Os **tilacóides**, como uma estrutura discóide que delimita um espaço interior, constituem no seu conjunto os **grana** (plural de **granum**). Cada **granum** comunica com outro através de extensões das membranas dos tilacóides que atravessam o estroma do cloroplasto, constituindo as **lamelas** do estroma.

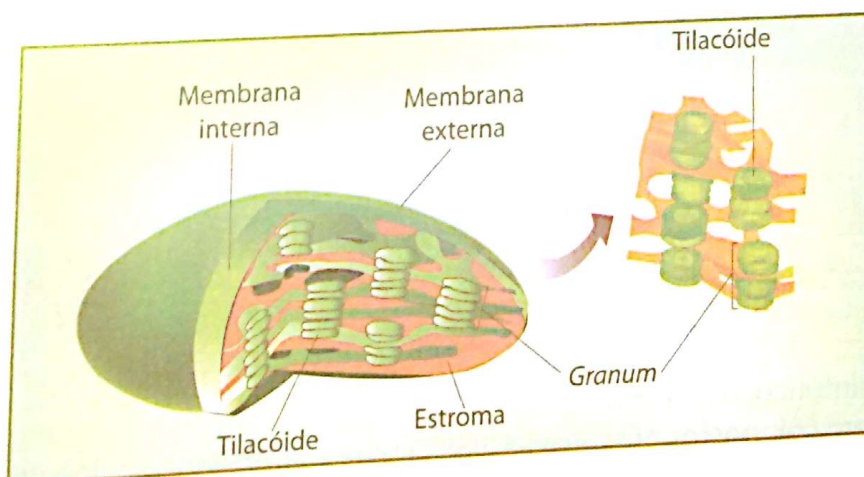


Fig. 29 Estrutura do cloroplasto



# Fotossíntese

Além da respiração, existe um outro processo fundamental para os seres vivos – a **fotossíntese**. A fotossíntese e a respiração surgem como dois processos bio-energéticos complementares que garantem a **produção** e a **mobilização** de **energia** no mundo vivo.

Ao realizarem a fotossíntese, os **seres autotróficos** permitem que tanto o **carbono** como a **energia** se tornem úteis à vida dos seres vivos, ao mesmo tempo que libertam para a atmosfera o **oxigênio** (vital a todas as formas de vida aeróbica).

Assim, enquanto na respiração os seres vivos utilizam o  $O_2$  para degradar os compostos orgânicos a fim de obterem energia, na fotossíntese as cadeias de carbono são reconstruídas a partir de  $CO_2$  e  $H_2O$ , utilizando a energia luminosa.

Grande parte do  $CO_2$  usado pelos seres fotossintéticos como matéria-prima no fabrico dos compostos orgânicos provém da respiração; daí considerar-se a fotossíntese e a respiração como duas funções complementares na Natureza.

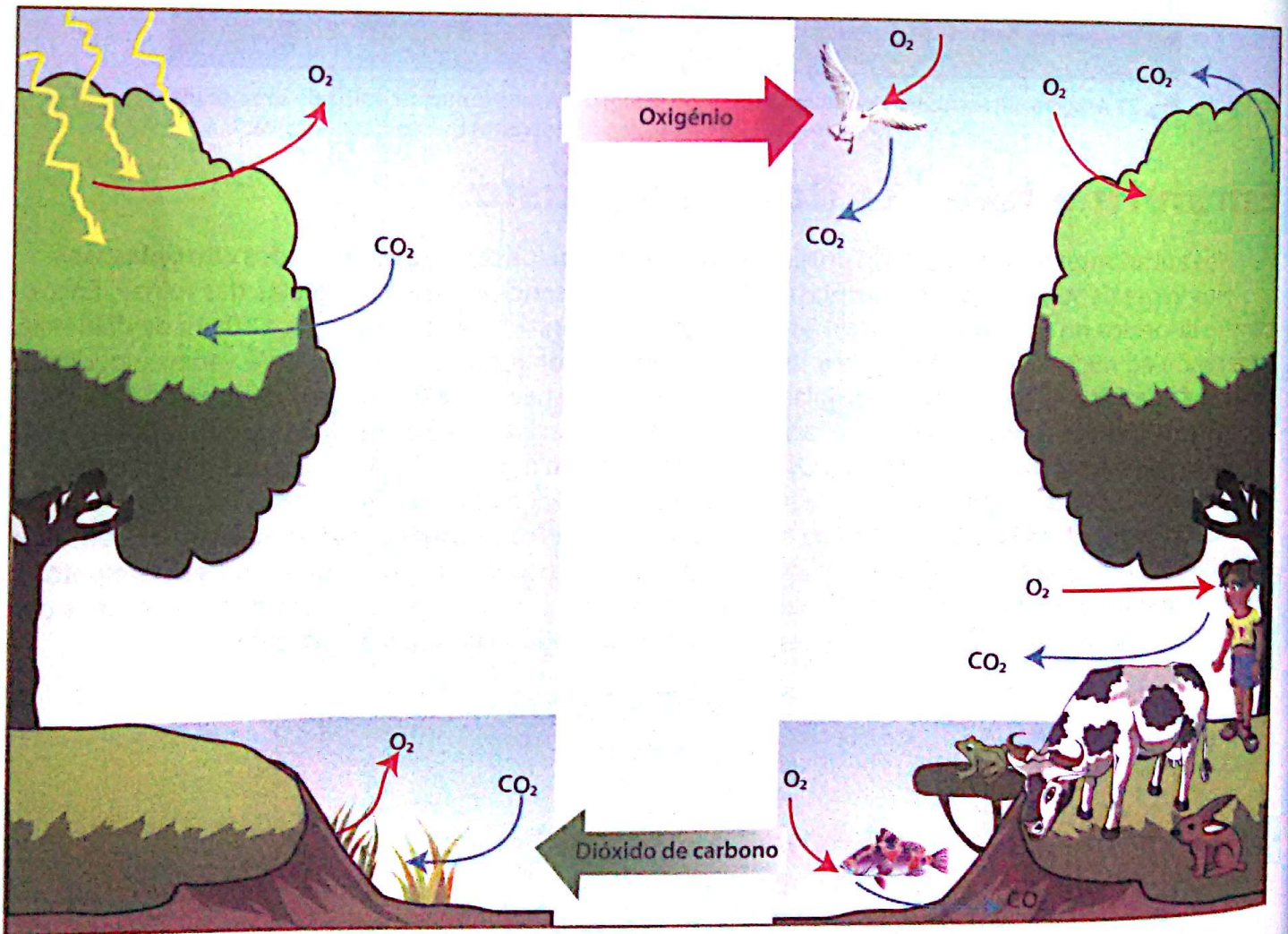
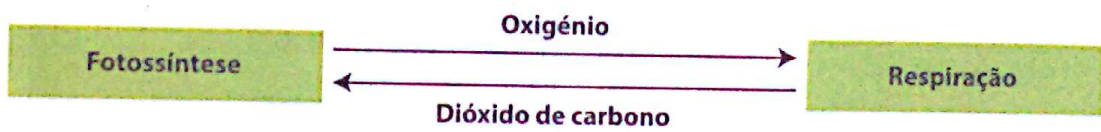


Fig. 30 Relação entre fotossíntese e respiração

O processo fotossintético, para além de converter a energia luminosa em energia química, ainda fixa o dióxido de carbono em compostos orgânicos e liberta para a atmosfera o oxigênio.





## Actividade

# Libertação do oxigénio e produção do amido pelas plantas

Experiências simples, relacionadas com a produção de hidratos de carbono (amido) e com a libertação de oxigénio, são provas do processo fotossintético.

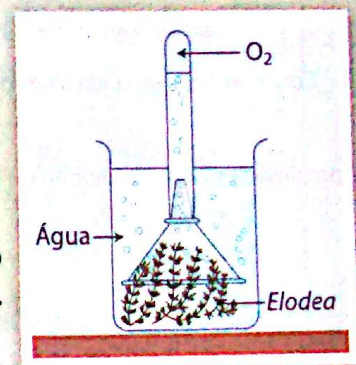
## 1. Libertação do oxigénio

### Material

Um (1) copo de vidro de 500 ml ou de 1 l, um (1) funil, dois (2) tubos alongados, ramos de *Elodea* ou duma outra planta aquática, água, uma (1) palhinha e uma (1) caneta de feltro

### Procedimento

1. Coloque alguns ramos de *Elodea* ou duma outra planta aquática no copo de vidro e encha o copo com água.
2. Sobre os ramos inverta um funil.
3. Encha o tubo alongado com água e, sem deixar nenhuma bolha de ar, feche-o com o polegar e inverta-o sobre o funil, como mostra a figura ao lado.
4. Sopre, através de uma palhinha, ar expirado na água do copo. Isso aumenta a taxa de  $\text{CO}_2$  para um melhor rendimento da fotossíntese.
5. Coloque o copo num local que receba luz suficiente.
6. Observe durante vários dias o nível de água no tubo alongado e interprete os resultados.



## 2. Produção do amido das plantas

O amido é uma substância orgânica (polissacarídeo) produzida a partir de moléculas de glicose (monossacarídeo).

### Material

Solução de iodo (farmácia), folha de uma planta de cor verde-clara, guardanapos, álcool etílico (farmácia), prato raso e frasco de vidro com tampa.

### Procedimento

1. Coloque a folha verde-clara dentro do frasco.
2. Deite cerca de 250 ml de álcool etílico no frasco. Tape-o com a tampa.
3. Deixe passar um dia.
4. Retire a folha do frasco e seque-a usando um guardanapo.
5. Coloque a folha no prato raso.
6. Junte a solução de iodo, de modo a cobrir a folha.
7. Observe e interprete os resultados.





Nas plantas superiores encontram-se dois tipos fundamentais de pigmentos fotossintéticos: **clorofilas** e **carotenóides**.

A **clorofila a** e a **clorofila b** são verdes, mas absorvem luzes de comprimentos de onda um pouco diferentes. Assim, a **clorofila a** é de cor verde-clara, enquanto a **clorofila b** apresenta uma cor verde-azulada.

Embora sejam as clorofilas que dão o verde característico da maioria das plantas, aparecem em algumas células outros pigmentos, vulgarmente designados por **pigmentos acessórios**, que podem ser amarelos ou alaranjados. O mais importante é o **betacaroteno**. Os carotenóides predominam nas folhas quando as suas células deixam de sintetizar clorofila (evidente na folhagem de algumas árvores durante a passagem do Verão para o Inverno) e em certos tecidos como os do tomate maduro e os da raiz da cenoura.

O papel dos pigmentos fotossintéticos é **absorver a energia luminosa e convertê-la em energia química**. Como funciona esse processo?

A luz branca do Sol é uma mistura de radiações electromagnéticas, cujos comprimentos de onda variam, aproximadamente, de 380 nm (luz violeta) a 750 nm (luz vermelha).

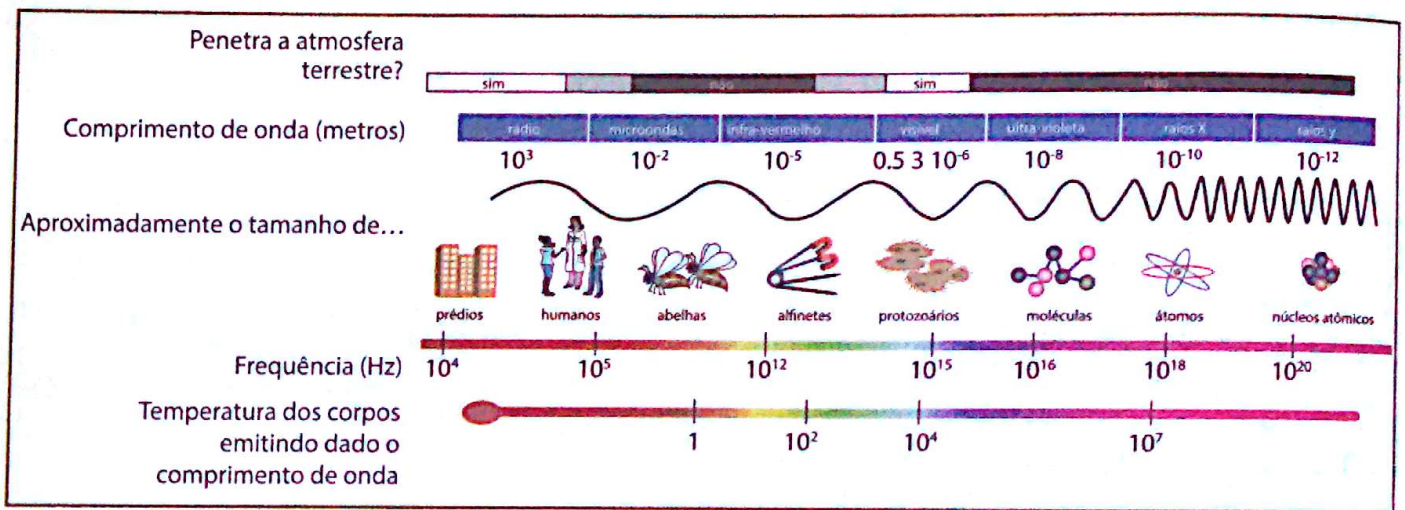
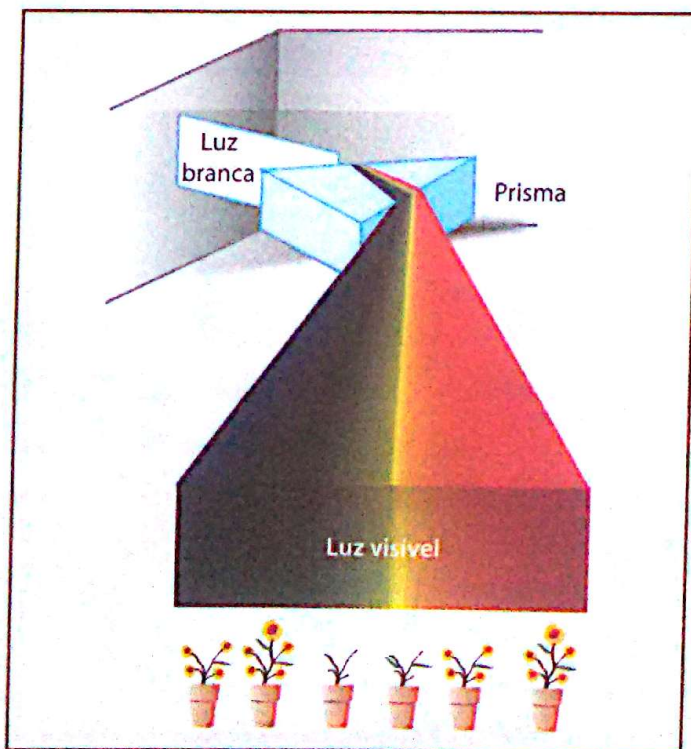


Fig. 31 Decomposição da luz branca (luz visível)



Constata-se que as **clorofilas a e b** absorvem principalmente as radiações de comprimentos de onda correspondentes à zona violeta, azul, alaranjada e vermelha do espectro, não absorvendo a luz da zona verde; esta é reflectida para os nossos olhos, pelo que vemos estes pigmentos com uma cor verde. No entanto, os pigmentos acessórios preenchem a faixa de absorção não coberta pelas clorofilas. Experiências mostram que a fotossíntese é mais eficiente nos comprimentos de onda em que a absorção de luz é maior, pois havia um maior desenvolvimento e crescimento das plantas.

Fig. 32 Plantas da mesma espécie, expostas a diferentes faixas da luz visível, demonstram maior desenvolvimento quando iluminadas com luz azul ou vermelha, mais favoráveis à ocorrência de fotossíntese.



Com esta experiência notou-se a similaridade entre o **espectro de acção (taxa da fotossíntese)** e o **espectro de absorção (absorção da luz)** e o

No cloroplasto, as clorofilas e outros pigmentos fotossintéticos encontram-se agrupados em unidades fotossintéticas designadas por **fotossistemas**.

Observações feitas com o microscópio electrónico permitiram evidenciar a presença de dois tipos de fotossistemas nas membranas dos tilacóides: **fotossistema I** e **fotossistema II**.

Cada fotossistema contém cerca de 200 a 300 moléculas de clorofila e outros pigmentos fotossintéticos, que actuam como uma «antena» colectora de energia luminosa, e um «centro de reacção» que consiste numa molécula de **clorofila a** especializada, com capacidade de ceder electrões a uma molécula orgânica receptora, desencadeando o processo fotossintético.

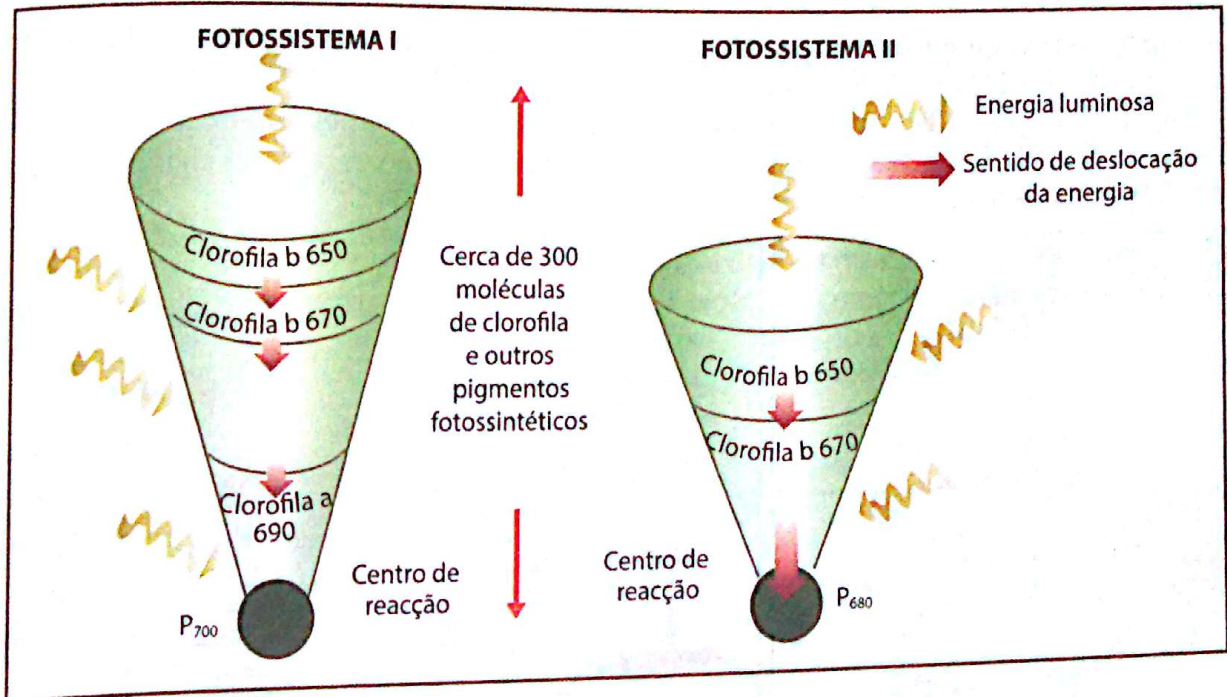


Fig. 33 Unidades fotossintéticas

Tal facto acontece porque o nível energético da molécula de clorofila do centro de reacção é inferior ao do das outras moléculas que constituem o sistema de antena, o que lhe permite captar a energia dessas moléculas. A molécula de clorofila do centro de reacção, ao ficar excitada, cede electrões a uma molécula receptora. Assim, a clorofila do centro de reacção funciona como um **dador de electrões** e é no centro de reacção que a **energia luminosa é convertida em energia química**.

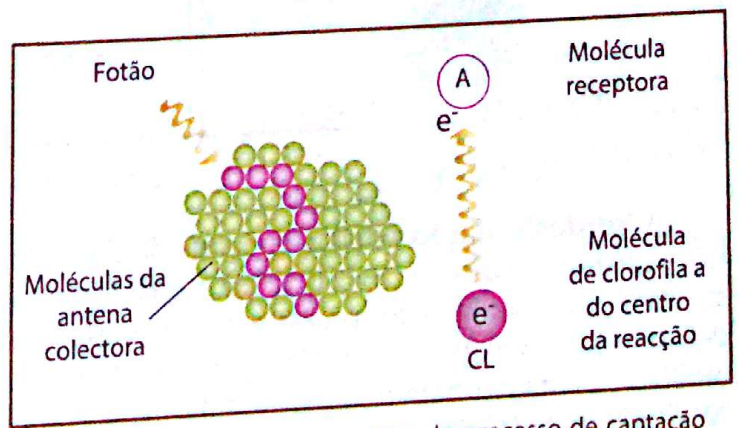


Fig. 34 Representação esquemática do processo de captação de energia luminosa numa unidade fotossintética



No **fotossistema I** a molécula do centro de reacção é uma forma de clorofila, a chamada  $P_{700}$  (P de pigmento) pois o seu máximo de absorção se destina a comprimentos de onda de 700 nm; o **fotossistema II** distingue-se do **fotossistema I** pelo facto de a clorofila do centro de reacção ter o seu máximo de absorção para comprimentos de onda de 680 nm, sendo por isso designado por  $P_{680}$ .

## Fases da fotossíntese

Sabe-se actualmente que o processo fotossintético decorre em duas séries de reacções metabólicas: **reacções fotoquímicas** (fase luminosa da fotossíntese) e **reacções químicas** (fase escura da fotossíntese).

### Fase luminosa da fotossíntese

As **reacções fotoquímicas** ocorrem nos tilacóides e incluem a **fotólise da água**, a **fotofosforilação cíclica** e a **fotofosforilação acíclica**. A etapa fotoquímica produz **ATP**, **NADPH** e **oxigénio**.

A **fotofosforilação cíclica** envolve apenas o fotossistema I. Os electrões foto-excitados do  $P_{700}$ , depois de deixarem a clorofila, tendem a retornar a ela, passando por aceptores/receptores chamados **citocromos**. A energia libertada pelos electrões excitados permite a produção de ATP.

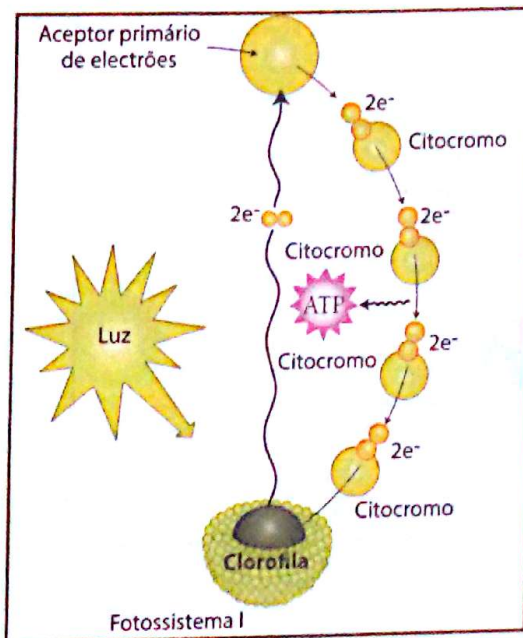


Fig. 35 Fotofosforilação cíclica

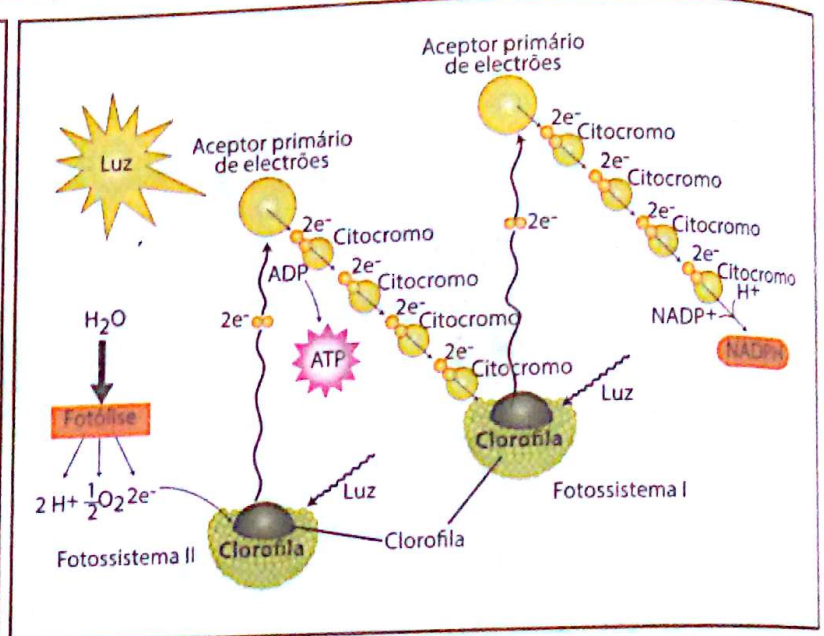


Fig. 36 Fotofosforilação acíclica

A **fotofosforilação acíclica** depende de dois fotossistemas. A fotólise da água liberta oxigénio, electrões excitados e protões ( $H^+$ ). O fotossistema II, excitado pela energia luminosa, perde electrões que passam por uma cadeia de aceptores em que libertam energia empregue na produção de ATP. O «buraco» deixado na molécula de clorofila é ocupado por electrões provenientes da fotólise da água. A energia luminosa excita também o fotossistema I, cujos electrões excitados, juntamente com os protões ( $H^+$ ), são recolhidos pelo NADP que se converte em NADPH. Os «buracos» deixados no fotossistema I são ocupados por electrões provenientes do fotossistema II.

### Fase escura da fotossíntese

As **reacções químicas** que ocorrem a nível do estroma do cloroplasto são dependentes de NADPH e ATP, gerados na fase fotoquímica. Nesta etapa, o carbono entra, na forma de  $CO_2$ , no Ciclo de Calvin. As reacções do **Ciclo de Calvin** são de grande complexidade, sendo de considerar as várias etapas intermédias. De uma forma resumida podemos ter em conta, fundamentalmente, duas etapas:



- 1.ª etapa - fixação do dióxido de carbono.
- 2.ª etapa - formação de um composto com três átomos de carbono (o gliceraldeído-3-fosfato) e regeneração do aceitador do dióxido de carbono.

Na 1.ª etapa, o dióxido de carbono é aceite por um açúcar com cinco átomos de carbono (**ribulosa-difosfato**) originando um composto intermédio de seis carbonos. Esta reacção é catalisada por uma enzima muito abundante no reino vegetal - a **rubisco**. O composto com seis átomos de carbono é muito instável, sendo imediatamente hidrolizado em duas moléculas de três átomos (**fosfoglicerato** ou **ácido fosfoglicérico**). Cada molécula de ácido fosfoglicérico recebe um grupo fosfato proveniente de ATP, convertendo-se em **ácido difosfoglicérico**.

Átomos de hidrogénio provenientes do NADPH reduzem o ácido difosfoglicérico a **gliceraldeído-3-fosfato**.

A cada volta do Ciclo de Calvin são incorporados três átomos de carbono (passos 1 e 2 da figura 37) e são geradas seis moléculas de gliceraldeído-3-fosfato (passo 3 da figura 37). Dessas seis, uma é destinada à síntese de glicose (passos 4 e 6 da figura 37). As outras cinco moléculas de gliceraldeído-3-fosfato irão reconstituir três moléculas de ribulose-difosfato (passo 5 da figura 37) que iniciam um novo ciclo. Nessa reconstituição, mais três moléculas de ATP são consumidas.

Em duas voltas do Ciclo de Calvin, o rendimento líquido é de duas moléculas de gliceraldeído-3-fosfato empregues na produção de glicose e de outras moléculas orgânicas como, por exemplo, sacarose, amido e celulose.

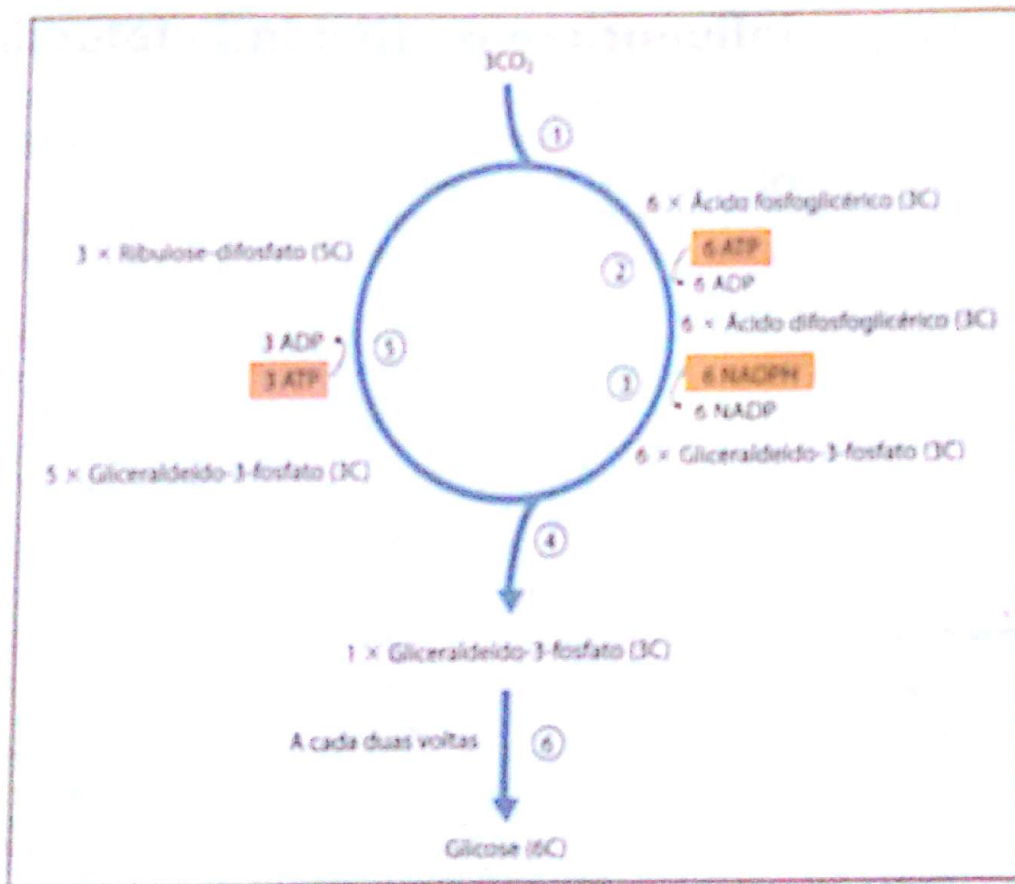


Fig. 37 Ciclo de Calvin



A etapa fotoquímica e a etapa química complementam-se, como pode ver na figura 38:

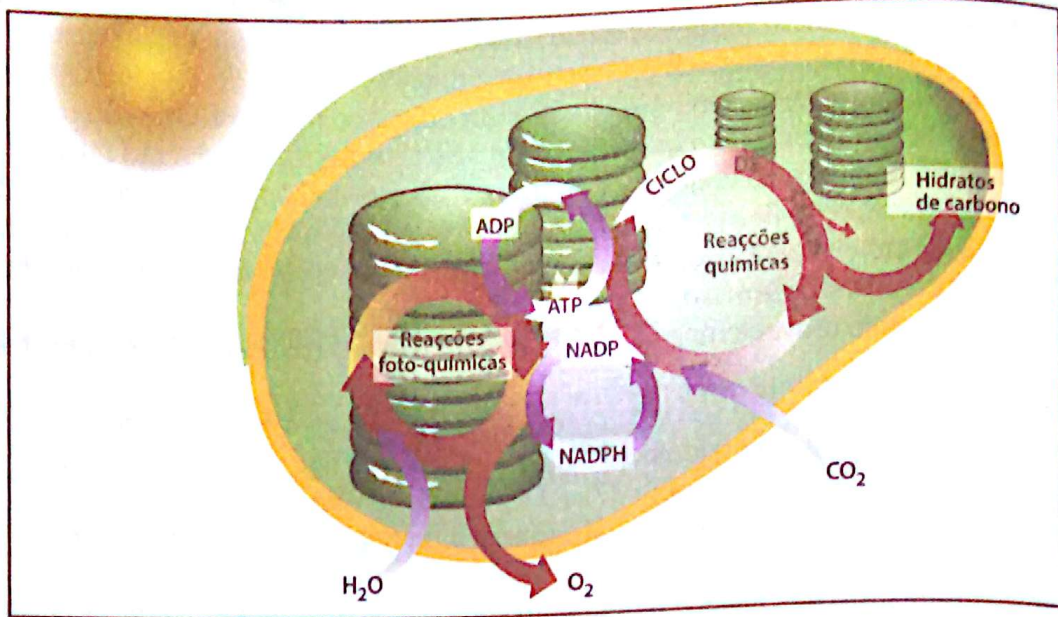


Fig. 38 Processo global da fotossíntese

Dessa forma, a fotossíntese pode ser resumida pela sua equação geral:



## Factores que influenciam a actividade fotossintética

Estando os seres fotossintéticos integrados no ecossistema, eles interactivam com o meio ambiente; assim, o processo fotossintético não poderá deixar de sofrer influência dos factores abióticos, tais como **intensidade luminosa, concentração de CO<sub>2</sub> e temperatura.**

A taxa da fotossíntese varia com a intensidade da energia luminosa. Mantidos constantes outros factores, o aumento da intensidade luminosa eleva a taxa de fotossíntese, até que um valor máximo seja alcançado.

A intensidade da fotossíntese também aumenta com a temperatura até determinado valor (**temperatura óptima**) a partir do qual decresce por ocorrer a desnaturação das enzimas que catalisam as reações químicas.

\* A taxa fotossintética aumenta igualmente com a concentração de CO<sub>2</sub> até atingir um determinado valor (**ponto de saturação**); porém, a partir desse valor a taxa fotossintética mantém-se constante, sendo o ponto de saturação variável consoante as plantas.

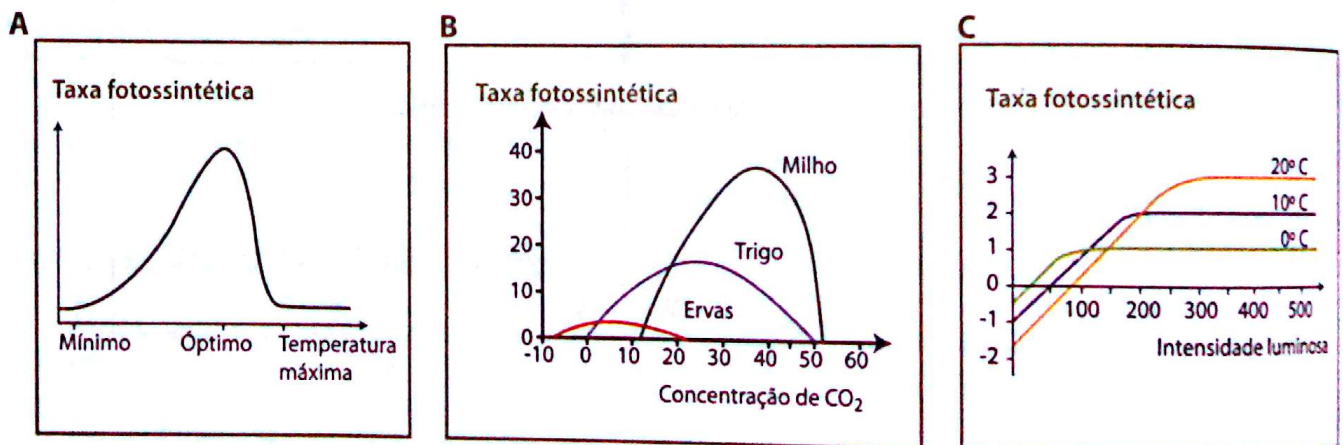
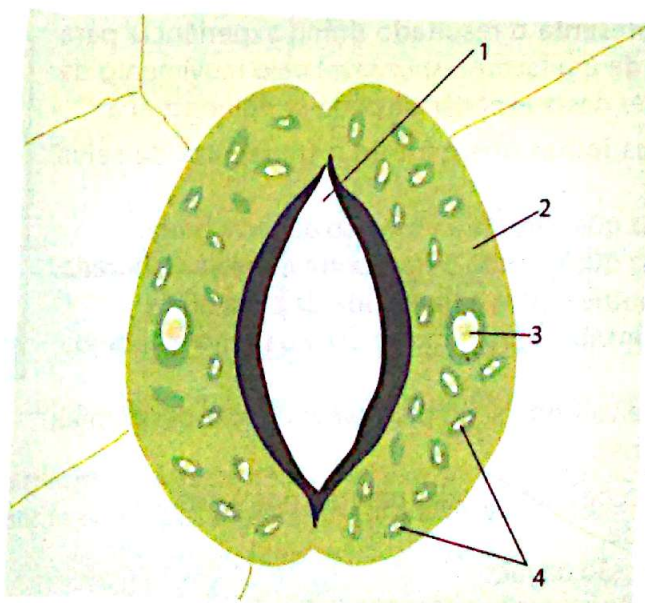


Fig. 39 Variação da taxa fotossintética com a temperatura (A), concentração de CO<sub>2</sub> (B) e a intensidade luminosa (C)





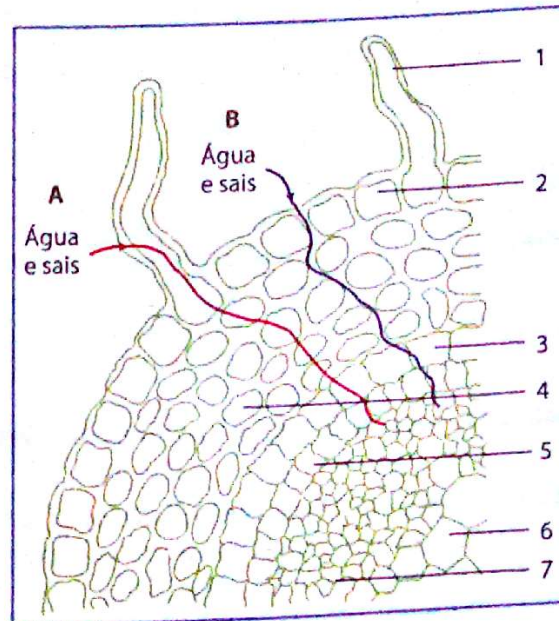
1. Defina os conceitos de macronutrientes e micronutrientes e refira a sua importância para as plantas.
2. Estima-se que uma única planta de milho, com 0,4 kg de peso seco, absorva 130 a 180 litros de água ao longo da sua vida. Sabe-se que apenas cerca de 2% de toda a água absorvida é utilizada nos vários processos metabólicos.
  - a) Qual é o destino do excedente de água?
  - b) Descreva a trajetória da água na planta e indique as estruturas envolvidas.
3. Numa experiência, mergulharam-se em solução nutritiva as seguintes partes de quatro plantas intactas da mesma espécie:
  - I. Toda a raiz.
  - II. Somente a zona pilosa da raiz.
  - III. Somente a coifa da raiz.Espera-se que, após alguns dias, tenham sobrevivido somente as plantas:
  - a) I e II.
  - b) II e III.
  - c) I e III.
4. Leia as afirmações que se relacionam com a absorção de água pelos vegetais e escolha a alternativa incorrecta.
  - a) A parede celular evita o rompimento da célula por absorção excessiva de água.
  - b) Os pêlos absorventes são as principais estruturas responsáveis pela absorção de água e de sais minerais.
  - c) Ao retirar água do solo, o pêlo absorvente torna-se menos concentrado em relação às células vizinhas da região cortical da raiz.
  - d) Em condições normais, a concentração do suco vacuolar de um pêlo absorvente é menor que a concentração do solo.
  - e) Caso a concentração salina do solo supere a concentração salina do pêlo absorvente, a planta passará a ceder água para o solo por osmose.
5. Faça a legenda do esquema de um estoma.







6. O esquema abaixo representa um corte transversal de uma raiz. A e B indicam trajectos que a água e os sais minerais podem percorrer até chegarem ao tecido condutor.
- Faça a legenda das estruturas indicadas pelos números.
  - Como se designa cada uma das vias (trajectos) A e B?
  - Qual dos trajectos referidos oferece maior resistência à passagem da água e dos sais minerais?



7. Em certas épocas do ano, é possível observar pequenas gotas nas bordas das folhas de algumas plantas. O nome desse fenómeno e as estruturas pelas quais ocorre são, respectivamente:
- Gutação e estomas.
  - Gutação e epiderme.
  - Condensação e estomas.
  - Transpiração e estomas.
  - Evaporação e estomas.
  - Transpiração e epiderme.

8. O esquema ao lado representa o resultado duma experiência para demonstrar a existência de um factor responsável pelo movimento da seiva nos vegetais. Através dessa experiência pode-se demonstrar a:
- Sucção exercida pelas folhas que garante o transporte da seiva bruta.
  - Força da sucção da raiz que garante a absorção da seiva bruta.
  - Força da sucção da raiz que garante o transporte da seiva elaborada.
  - Pressão da raiz que contribui para o transporte da seiva bruta.
  - Pressão da raiz que contribui para o movimento da seiva elaborada.

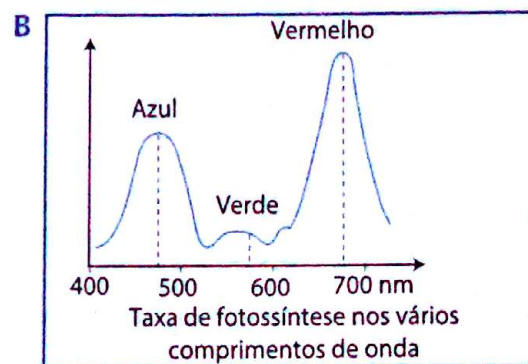
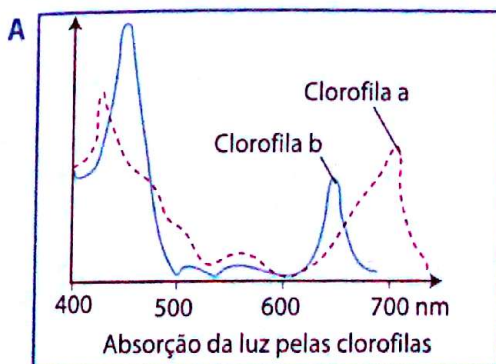


9. Nas grandes árvores a seiva bruta sobe pelos vasos lenhosos (xilema), desde as raízes até às folhas:
- Bombeada por contracções rítmicas das paredes dos vasos.
  - Apenas por capilaridade.
  - Impulsionada pela pressão da raiz.
  - Por diferença de pressão osmótica entre as células da raiz e as do caule.
  - Sugada pelas folhas que perdem água por transpiração.





10. A capilaridade e a transpiração, segundo a teoria da coesão-tensão, são dois fenómenos responsáveis pelo(a):
- Transporte da seiva elaborada apenas.
  - Entrada de água e sais minerais.
  - Transporte da seiva bruta apenas.
  - Processo de gutação.
  - Transporte da seiva bruta e elaborada.
11. Utilizando as afirmações dadas abaixo, complete os espaços em branco para obter afirmações verdadeiras.  
A fotossíntese ocorre no interior \_\_\_\_\_. O produto primário da reacção fotossintética é a glicose. Como a glicose não pode ser guardada na célula, esta é transformada e armazenada na forma de \_\_\_\_\_ nos \_\_\_\_\_.
- das mitocôndrias, glicogénio, cloroplastos
  - dos cloroplastos, glicogénio, retículos endoplasmáticos
  - dos cloroplastos, glicerol, plastos
  - dos cloroplastos, amido, leucoplastos
  - dos cloroplastos, celulose, leucoplastos
12. Para realizar a fotossíntese, a célula precisa de absorver energia luminosa. O que acontece se uma planta é iluminada apenas com o comprimento de onda correspondente à luz verde (550 nm)?
13. Mencione duas (2) funções principais dos pigmentos fotossintéticos.
14. Relacione espectro de absorção e espectro de acção.
15. Diferencie o fotossistema I do fotossistema II.
16. O gráfico A representa o espectro de absorção das clorofilas a e b. O gráfico B traduz o rendimento fotossintético nas várias faixas do espectro luminoso.



- Considerando os gráficos A e B, indique para que comprimentos de onda é máxima a taxa fotossintética.
- Explique o reduzido rendimento fotossintético na faixa do verde (gráfico B).
- Alguns autores chamam às clorofilas «pigmentos foto-activos». Fundamente esta designação.





## OBJECTIVOS

O aluno deve ser capaz de:

- Identificar as características dos principais tecidos.
- Relacionar as características estruturais de diferentes tecidos animais com as respectivas funções no organismo.
- Identificar os diferentes tecidos que constituem o corpo humano.
- Explicar as funções dos constituintes do sangue.
- Relacionar a evolução dos sistemas digestivos com o aproveitamento dos alimentos.
- Explicar o desenvolvimento dos sistemas digestivos nos animais seleccionados.
- Identificar diferentes sistemas respiratórios nos animais seleccionados.
- Identificar características fundamentais comuns às superfícies respiratórias.
- Compreender a importância dos pigmentos respiratórios no transporte dos gases respiratórios.
- Compreender a importância dos sistemas de transporte no intercâmbio de substâncias com o meio externo e as células.



# UNIDADE 3

## CONTEÚDOS

### Histologia animal

**Tecidos epiteliais:** tecidos epiteliais de revestimento, tecidos epiteliais glandulares e neuroepitélios

### Tecidos conjuntivos

- Tecidos conjuntivos propriamente ditos: Tecidos laxo, tecido conjuntivo denso, tecido conjuntivo elástico e o tecido conjuntivo adiposo
- Tecidos conjuntivos esqueléticos: tecido cartilágneo e o tecido ósseo

### Tecidos sanguíneos

### Tipos de sistemas circulatórios

- Aberto ou lacunar e fechado

### Circulação nos vertebrados

- Comparação dos corações nos vertebrados (peixe, anfíbios, répteis, aves e mamíferos)

### Tipos de circulação

- Simples dupla (incompleta e completa)

### Constituição do sistema circulatório

- Sangue; composição do sangue; funções dos constituintes do sangue

### Sistema linfático

- Funções do sistema linfático; constituição do sistema linfático

### Doenças do sistema circulatório

- Enfarte de miocárdio, arteriosclerose, hiper/hipotensão, elefantíase ou edema linfático

### Sistema excretor

- Funções do sistema excretor; Doenças do sistema excretor: gota, infecção urinária, cálculos renais



## Histologia animal

Como já é sabido, o corpo de um organismo multicelular é constituído por diferentes tipos de células especializadas em realizar diversas funções. As células com determinado tipo de especialização organizam-se em grupos constituindo os **tecidos**.

A **histologia**, no entanto, é uma disciplina científica biológica que estuda os diferentes tipos de tecidos.

Os tecidos de um animal adulto originam-se de uma única célula-ovo (zigoto). No embrião as células dividem-se por mitose, mas as células-filhas não permanecem idênticas embora tenham o mesmo material genético. Surgem linhas diferentes de células quanto à forma e à função, caracterizando a diferenciação celular.

Há quatro tipos de tecidos animais:

- Tecido epitelial
- Tecido conjuntivo
- Tecido muscular
- Tecido nervoso

## Tecido epitelial

O tecido epitelial desempenha várias funções no organismo animal como protecção do corpo, absorção de substâncias do meio, secreção de substâncias úteis e percepção de sensações.

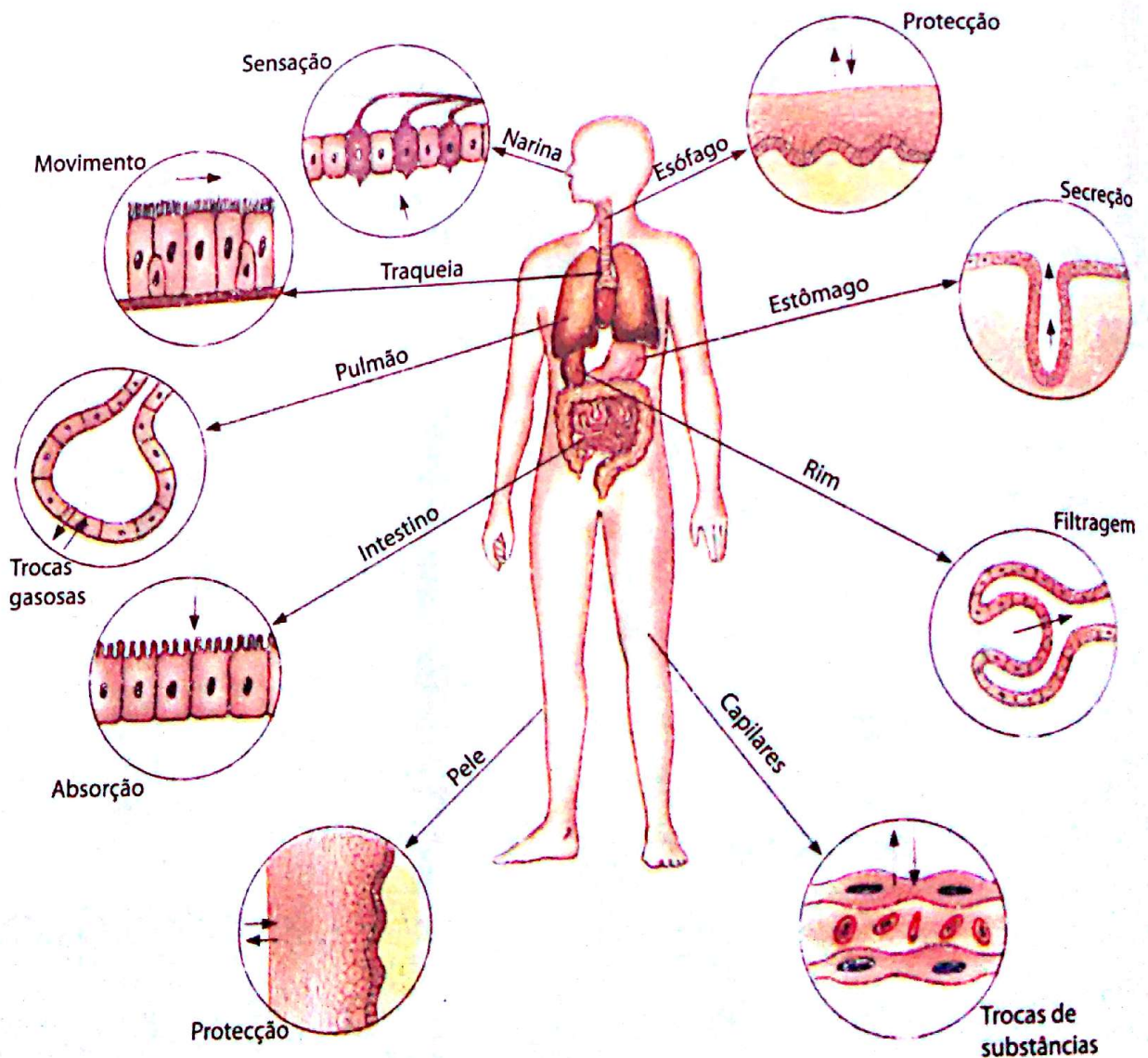


Fig. 1 Funções do tecido epitelial no organismo humano



Os tecidos epiteliais são classificados em dois tipos principais:

- Epitélios de revestimento
- Epitélios glandulares

Os **tecidos epiteliais** têm células justapostas, cujo arranjo pode ser comparado ao de tijolos bem encaixados. Como pode ver no quadro que se segue, a sua classificação depende da forma das células, do número de camadas assim como da sua função.

Quadro 1: Tipos de epitélios

Critério de classificação	Tipos de epitélios			
	Tipo	Exemplo	Função	Característica
Forma das células	Alvéolos pulmonares	Pavimentoso	Facilitar trocas.	Células achatadas
	Endotélio	Capilares sanguíneos	Facilitar trocas.	Células achatadas, mas de espessura variável
	Cúbico	Canais de glândulas	Revestimento simples	Células cúbicas
	Prismático	Intestino	Revestimento simples	Células prismáticas, altas
Número de camadas	Simples	Alvéolos pulmonares	Trocas de substâncias e absorção	Uma camada celular
	Estratificado	Epiderme, esófago	Protecção	Várias camadas celulares
	Pseudo-estratificado	Traqueia	Revestimento	Aparentemente várias camadas celulares
	Transição (misto)	Bexiga urinária	Adaptado à mudança de forma do órgão	Poucas camadas com células diferentes
Função	Protector	Epiderme	Protecção contra factores ambientais	Estratificado, com uma camada córnea queratinizada
	Sensorial	Epitélio olfactivo	Recepção de substâncias	Com células sensoriais
	Ciliado	Traqueia	Movimento de substâncias no interior de canais	Com células ciliadas
	Secretor (glandular)	Glândulas sudoríparas, sebáceas, lacrimais	Produção de substâncias	Com células secretoras

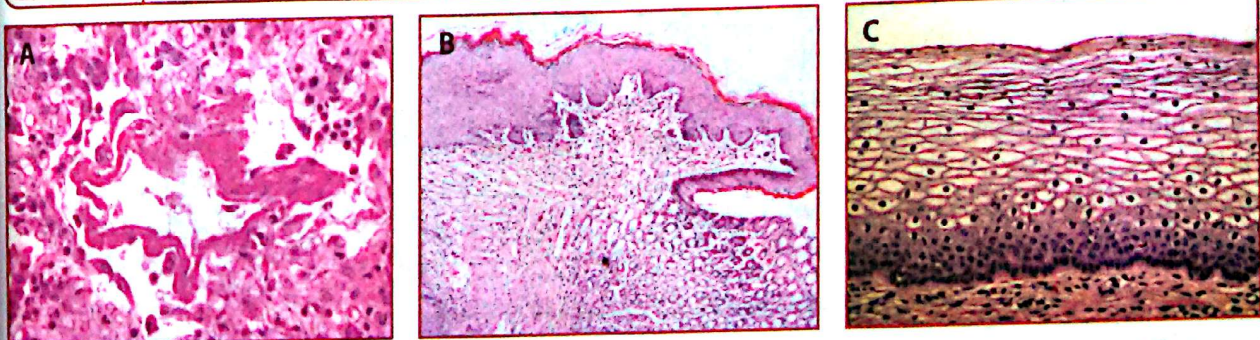


Fig. 2 Diferentes tipos de epitélio

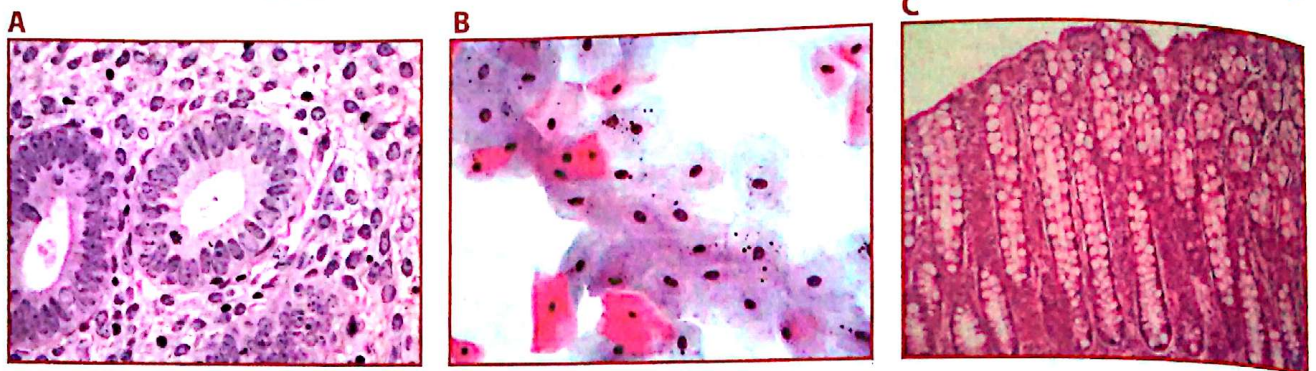


# UNIDADE 3

As células dos **epitélios glandulares** ficam alojadas no interior de estruturas denominadas **glândulas** e são especializadas na produção e eliminação de secreções. Utilizando certos critérios também é possível classificar os epitélios glandulares como se segue:

**Quadro 2:** Tipos de glândulas

Critério de classificação	Tipos de glândulas			Substância produzida
	Tipo	Exemplo	Característica	
Número de células	Unicelular	Mucosas	Uma célula secretora	Muco
	Pluricelular	Sudoríparas, lacrimais	Muitas células secretoras	Suor, lágrimas
Forma da glândula	Tubulosa	Sudoríparas, gástricas	Tubo simples ou ramificado	Suor, suco gástrico
	Acinosa	Sebáceas	Com ácinos (bagos) de forma esférica	Sebo
	Túbulo-acinosa	Salivares	Tubos terminando em ácinos	Saliva
Origem da secreção	Merócrinas	Sudoríparas, salivares, gástricas, lacrimais	Sem perda de células secretoras	Suor, sucos digestivos, lágrimas
	Apócrinas	Mamárias	Perda parcial de células secretoras	Leite
	Holócrinas	Sebáceas	Perda total de células secretoras	Sebo
Presença ou ausência de canal	Exócrinas	Sudoríparas, salivares, gástricas, lacrimais, mamárias, sebáceas	Há um canal para a saída da secreção	Suor, sucos digestivos, lágrimas, sebo
	Endócrinas	Hipófise, tireóide, supra-renais	Secreções lançadas no sangue	Hormonas
	Mistas	Pâncreas	Uma região exócrina e uma endócrina	Suco digestivo e hormonas



**Fig. 3** Exemplos de epitélios glandulares (A – Epitélio glandular exócrino; B – Epitélio glandular unicelular da mucosa; C – Epitélio glandular tubuloso)

## Tecido conjuntivo

O tecido conjuntivo é o mais diversificado de todos os tecidos com ampla distribuição pelo corpo dos animais, apresentando vários aspectos e funções. As suas células são mergulhadas numa substância intercelular geralmente de consistência gelatinosa e composição química complexa. Ele ocupa espaço entre vários tecidos e órgãos, dá sustentação mecânica, forma resistentes membranas protectoras que envolvem certos órgãos, protege contra infecções, distribui substâncias pelo organismo, armazena algumas substâncias e produz outras, e participa de processos de cicatrização em diferentes órgãos.

O tecido conjuntivo pode ser classificado em várias categorias:

- Frouxo (ou tecido conjuntivo propriamente dito)
- Denso
- Cartilaginoso
- Ósseo
- Sanguíneo



O **tecido conjuntivo propriamente dito** (ou **frouxo**) é o que tem distribuição mais ampla no corpo estando presente em quase todos os órgãos. Além de uma rede de fibras colágenas e elásticas, ele tem vários tipos celulares dispersos pela substância fundamental gelatinosa (amorfa), destacando-se:

- **Fibroblastos** – produzem as proteínas que constituem as fibras e a substância amorfa.
- **Macrófagos** – são grandes e amebóides, deslocando-se continuamente entre as fibras, fagocitando agentes infecciosos que penetram no corpo e, também, restos das células mortas. Eles identificam substâncias potencialmente perigosas ao organismo alertando o sistema de defesa do corpo.
- **Plasmócitos** – se originam por diferenciação dos linfócitos e produzem anticorpos.
- **Linfócitos**: é um dos tipos de glóbulos brancos importante no mecanismo imunitário.
- **Células adiposas** – acumulam uma grande quantidade de gordura, actuando como reserva de energia para momentos de necessidade.
- **Mastócitos** – produzem uma substância liberada em reacções alérgicas e inflamatórias.

O **tecido conjuntivo denso** caracteriza-se pela abundância de fibras colágenas, o que lhe confere grande resistência. Sendo assim, forma membranas protectoras e de cápsulas de vários órgãos como, por exemplo, dos rins, do baço, dos testículos e do fígado. Neste sentido, este tipo de tecido conjuntivo denso não tem forma própria, moldando-se aos órgãos que reveste. Noutros casos, o tecido conjuntivo denso possui fibras pouco elásticas formando os **tendões** (que ligam os músculos aos ossos) e **ligamentos** (que ligam os ossos entre si).

O **tecido cartilaginoso** forma o esqueleto de alguns animais vertebrados como os tubarões e as raias, que são, por isso, chamados peixes cartilagosos. Os outros vertebrados, incluindo o ser humano, têm esqueleto cartilaginoso apenas durante o estágio embrionário. À medida que o embrião amadurece, as cartilagens são substituídas por ossos. Todos os vertebrados, no entanto, retêm cartilagem em algumas partes do corpo, mesmo adultos. Na espécie humana, por exemplo, existem cartilagens que sustentam a nariz, as orelhas, a traqueia, os brônquios e que revestem as extremidades dos ossos que se articulam permitindo o deslizamento suave de um osso sobre o outro durante a movimentação. Além disso, existem discos cartilagineos entre as vértebras que amortecem o impacto do movimento sobre a coluna vertebral.

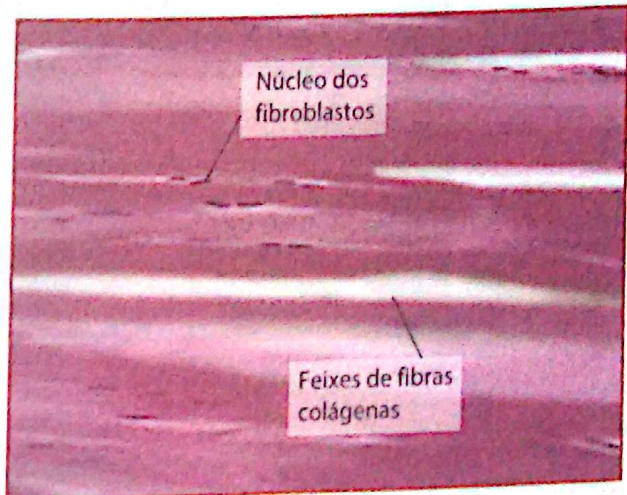


Fig. 4 Diferentes tipos de células que constituem o tecido frouxo

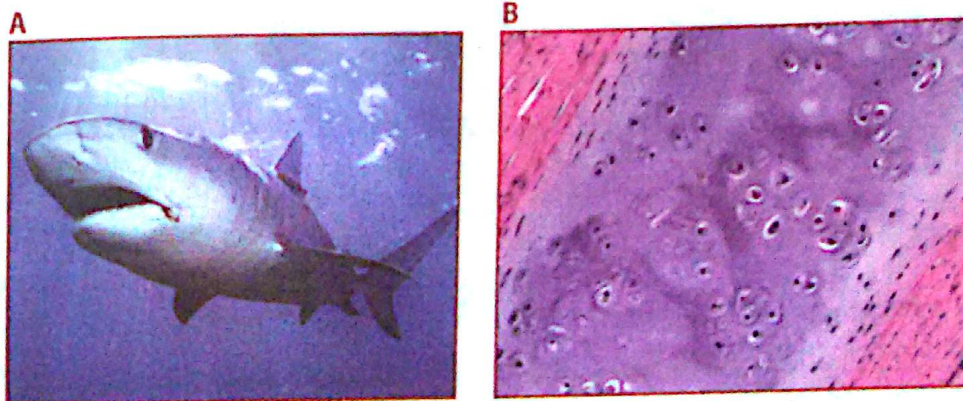


Fig. 5 Peixes como o tubarão (A) possuem esqueleto inteiramente cartilaginoso (B).



## UNIDADE 3

O **tecido ósseo** possui células que segregam fibras colágenas e fosfato de cálcio. Os cristais de fosfato de cálcio, associados às fibras, fazem com que os ossos sejam muito mais duros do que as cartilagens. As células ósseas ficam localizadas em pequenas cavidades existentes nas camadas concêntricas de matriz mineralizada. Quando jovens, elas são chamadas **osteoblastos** e têm a função de produzir a parte proteica da matriz óssea. Quando a célula óssea se torna madura transforma-se em **osteócito**, que mantém a parte mineral da matriz óssea.

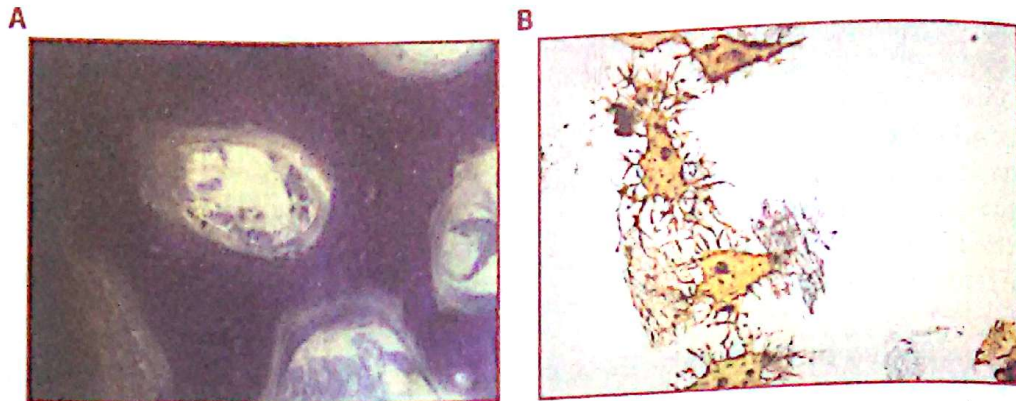


Fig. 6 Diferentes tipos do tecido ósseo (A – osteoblastos; B – osteócitos)

Além dos osteoblastos e dos osteócitos, existem outras células importantes no tecido ósseo: os **osteoclastos**. Essas células são especialmente activas na destruição das áreas lesadas ou envelhecidas do osso, abrindo caminho para a regeneração do tecido ósseo. Esta função é possível porque os osteoclastos são muito ricos em lisossomas, cujas enzimas digerem a parte orgânica da matriz óssea e permitem a sua remodelação.

O tecido ósseo encontra-se disposto em camadas circulares concêntricas ao redor dos **canais de Havers**, distribuídos longitudinalmente no osso.

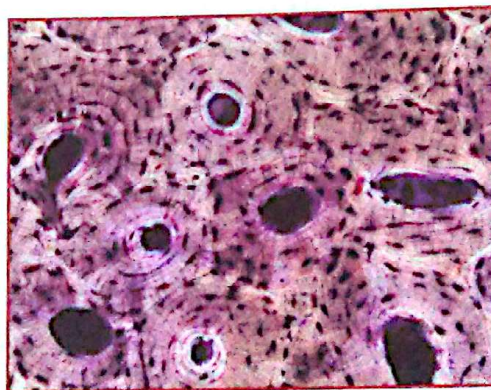


Fig. 7 Pelos canais de Havers passam vasos sanguíneos que nutrem e oxigenam o tecido ósseo.

O **tecido sanguíneo** é considerado um tipo de tecido conjuntivo pelo facto de ter uma grande quantidade de matriz extracelular.

A parte líquida do sangue é o **plasma**, que representa cerca de 55% do volume; os restantes 45% são constituídos por elementos figurados que são as **hemácias** (ou **eritrócitos** ou **glóbulos vermelhos**), os **leucócitos** (ou **glóbulos brancos**) e as **plaquetas** (ou **trombócitos**).



Os eritrócitos possuem uma forma discóide repleta de hemoglobina que é responsável pelo transporte de oxigênio. Os leucócitos associam-se com a defesa do organismo contra agentes infecciosos ou toxinas. Há cinco tipos de leucócitos classificados em **granulócitos** (**neutrófilos**, **basófilos** e **eosinófilos**) e **agranulócitos** (**linfócitos** e **monócitos**).

As **plaquetas** são fragmentos anucleados de células com forma de disco. Participam na coagulação do sangue e são encontradas somente nos mamíferos, enquanto as demais células sanguíneas estão presentes em todos os vertebrados.

Componente do plasma sanguíneo	(%)
Água	90
Proteínas	7
Sais minerais	0,9
Glicose	0,1
Aminoácidos, gorduras, vitaminas e outros	2

Tabela 1: Composição do plasma sanguíneo humano

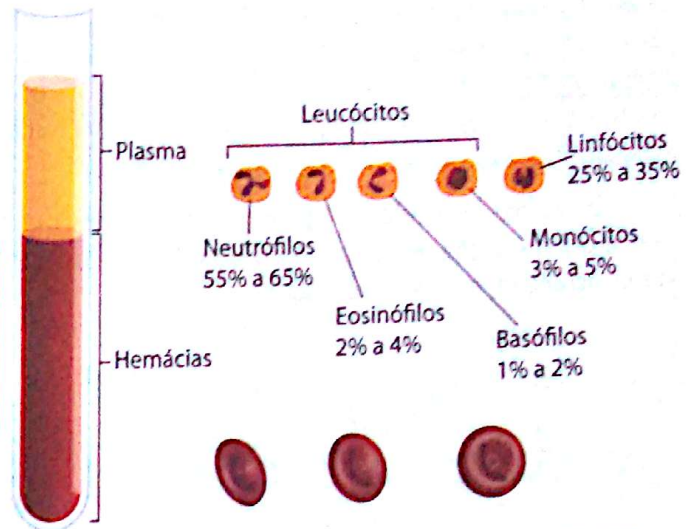


Fig. 8 Separação do plasma dos elementos figurados por centrifugação do sangue

As plaquetas têm tendência de se aglomerar especialmente em locais de sangramento e superfícies rugosas.

No ponto de ruptura de um vaso sanguíneo, os tecidos lesionados e as plaquetas que aí se aglomeram libertam uma enzima que, em presença de vitamina K e íons de cálcio, desencadeia a reação de conversão de uma proteína plasmática, a **protrombina** em **trombina**. Esta converte o **fibrinogênio** do plasma sanguíneo em **fibrina** que é uma proteína filamentar. Irradia-se, então, da massa de plaquetas uma rede de filamentos de **fibrina** que vai aprisionando células enquanto o plasma aí acumulado torna-se mais viscoso. Essa placa densa e gelatinosa funciona como um tampão no local do ferimento.

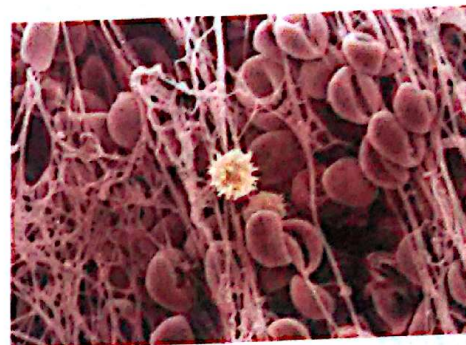
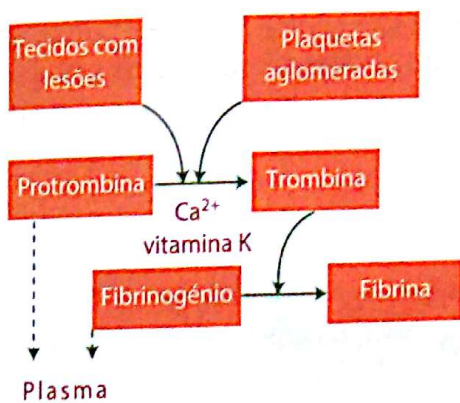


Fig. 9 Formação de um coágulo



### Ficha Informativa

Uma hemácia permanece cerca de 120 dias em circulação. Ao fim desse tempo, perde a sua capacidade funcional e é fagocitada ou digerida por células do fígado ou do baço. Calcula-se que, num segundo apenas, cerca de 2,4 milhões de hemácias sejam destruídas no nosso corpo. A mesma quantidade é libertada pela medula dos ossos para substituir as hemácias removidas da circulação.



Os **leucócitos** são células especializadas na defesa do organismo; combatem vírus, bactérias e outros agentes invasores que penetram no nosso corpo. Em condições normais, existem entre 5 e 10 mil leucócitos por milímetro cúbico de sangue. Eles têm a propriedade de atravessar as paredes dos capilares sanguíneos (**diapedese**) e deslocam-se em diferentes tecidos emitindo pseudópodes com os quais podem fazer fagocitose de corpos estranhos de diversa natureza, incluindo microorganismos.

O **tecido muscular** é composto de apenas um tipo de célula de forma alongada e dotada de alta capacidade de contração, a **fibra muscular**.

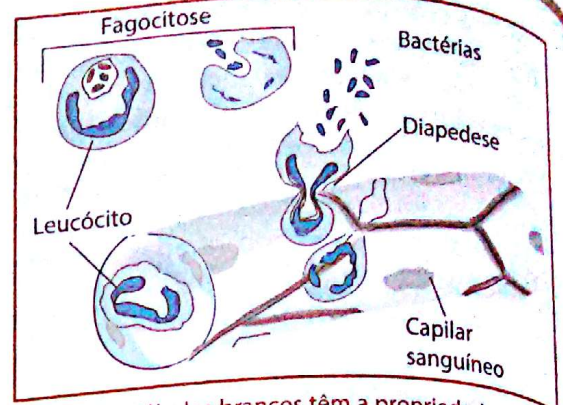


Fig. 10 Os glóbulos brancos têm a propriedade de realizar fagocitose e diapedese.

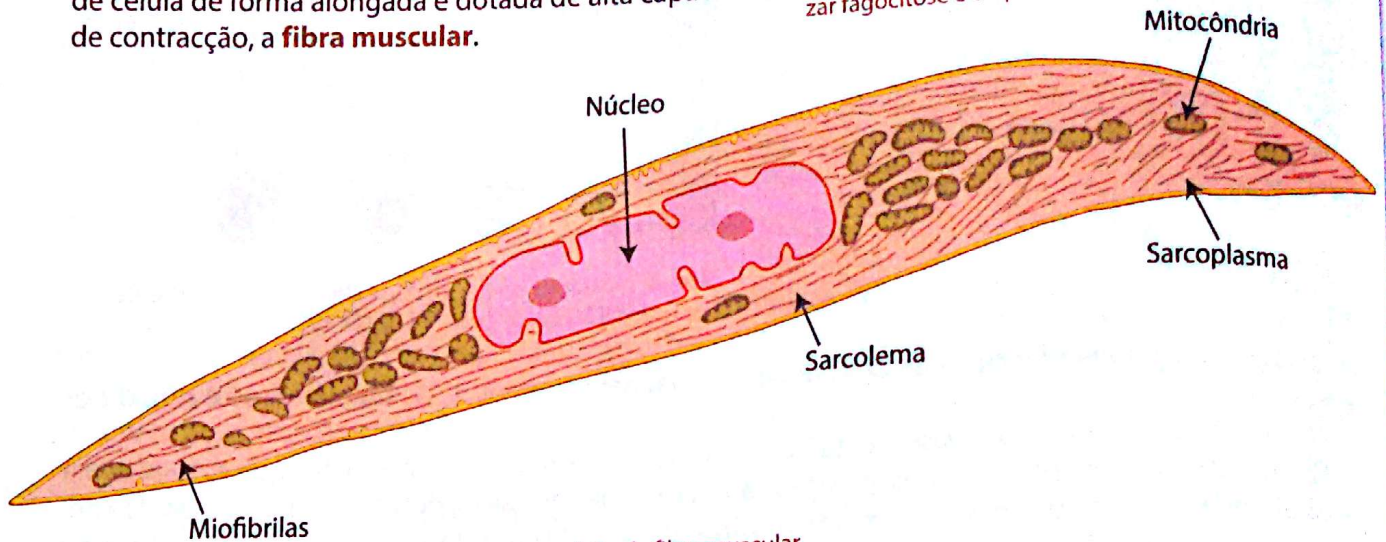


Fig. 11 Constituição da fibra muscular

Numa fibra muscular há uma membrana fina plasmática (**sarcolema**) e relativamente pouco citoplasma (**sarcoplasma**) onde se distribuem um retículo endoplasmático muito desenvolvido, muitas mitocôndrias, o Complexo ou Aparelho de Golgi, ribossomas e inclusões de glicogênio. No entanto, as estruturas predominantes são as **miofibrilas**, filamentos proteicos contrácteis, que se dispõem paralelamente ao longo de toda a célula. Em cada fibra há um ou mais núcleos, alongados, de posição central ou periférica.

Há três tipos de tecido muscular:

- Tecido muscular estriado esquelético
- Tecido muscular estriado cardíaco
- Tecido muscular liso

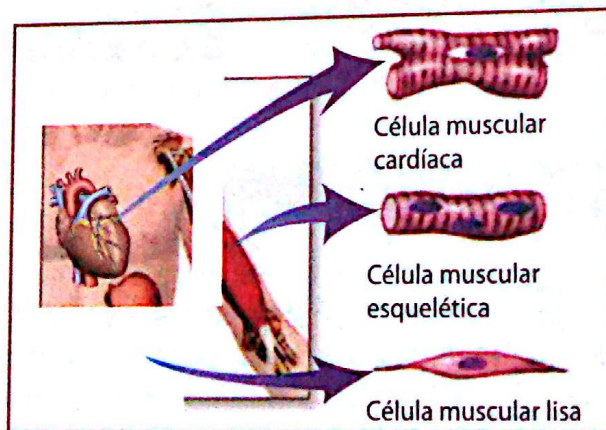


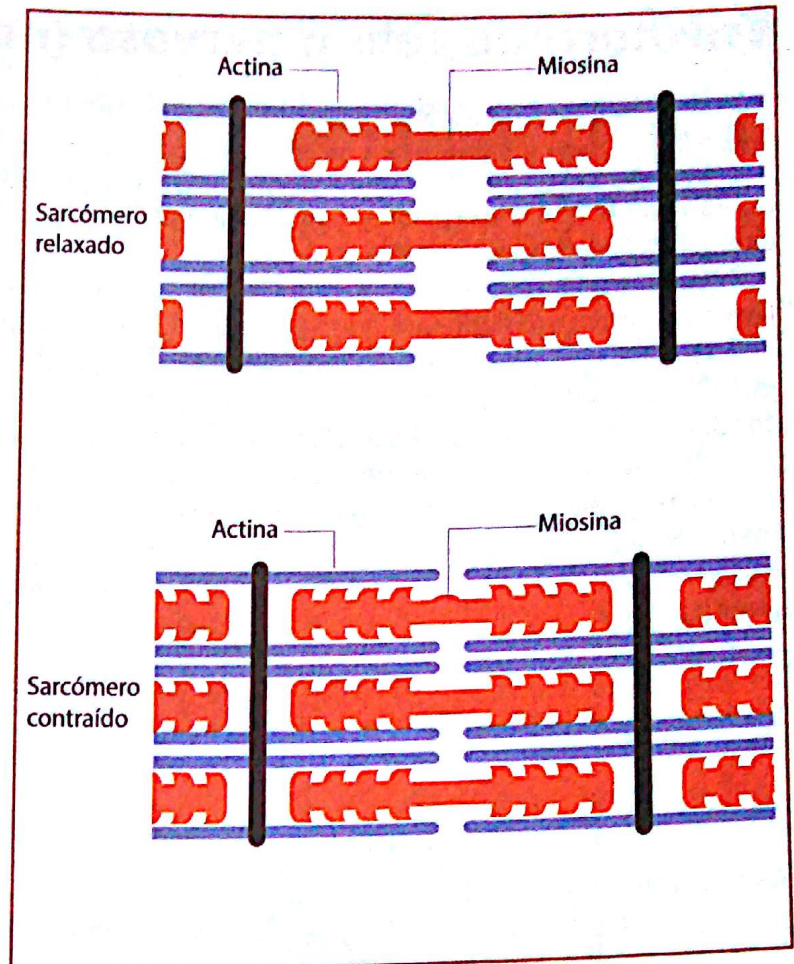
Fig. 12 Os três tipos de células que constituem o tecido muscular.



O **tecido muscular estriado esquelético** constitui a maior parte da musculatura do corpo dos vertebrados. Essa musculatura recobre totalmente o esqueleto e está presa aos ossos. Cada fibra muscular que pertence ao tecido muscular estriado esquelético é uma célula dotada de muitos núcleos. Em seu citoplasma existem pacotes de finíssimas fibras contráteis (as miofibrilas) formadas por filamentos de dois tipos de proteínas, a **actina** e a **miosina**.

Durante a contração, os filamentos de actina deslizam pelos filamentos de miosina, formando o complexo actimiosina. A miofibrila diminui de tamanho encurtando o comprimento do sarcômero. Este fenómeno ocorre simultaneamente em todos os sarcômeros levando ao encurtamento de todas as miofibrilas e, portanto, de todo o músculo.

Como a reacção é reversível, ao ser desfeito o complexo actimiosina, a miofibrila volta ao seu tamanho original e o músculo relaxa.



**Fig. 13** Modelo-proposta para a disposição das moléculas de actina e miosina na contração muscular

O **tecido muscular estriado cardíaco** é encontrado em apenas um local do corpo: o coração. As fibras musculares cardíacas também apresentam estrias transversais, como as fibras esqueléticas, mas diferem destas por serem ramificadas e uninucleadas. A célula muscular cardíaca possui a capacidade de se contrair espontaneamente fazendo com que o coração bata hora após hora, dia após dia, durante toda uma vida.

O **tecido muscular liso** está presente em órgãos como o estômago, o intestino e o útero. Ele é formado por células uninucleadas e fusiformes, isto é, alongadas e com as extremidades afiladas.

As células musculares lisas não apresentam estriação transversal característica das células musculares esqueléticas e cardíacas. A razão disso é que os filamentos de actina e miosina não se encontram alinhados ao longo de comprimento da célula.

A contração da fibra muscular lisa é mais lenta que a da fibra esquelética, mas ela pode manter-se contraída por um período de tempo maior.

Os músculos lisos, assim como o músculo cardíaco, são involuntários: eles não estão, na maioria dos casos, sujeitos ao controlo consciente.

O **tecido nervoso** é o responsável pela recepção de estímulos e escolha da resposta adequada. Este é formado por células altamente especializadas, os **neurónios**.



## Estrutura da célula nervosa (neurónio)

No sistema nervoso diferenciam-se duas linhagens celulares: os **neurónios** e as **células da glia** (ou **neurógli**a).

Os neurónios são células fundamentais do tecido nervoso e têm propriedades de irritabilidade (ou excitabilidade que é a capacidade de reagir a estímulos) e condutibilidade (capacidade de transmitir as alterações desencadeadas pelos estímulos).

Os neurónios são alongados. Possuem um **corpo celular** e muitas ramificações. Normalmente, eles têm uma ramificação principal, longa, o **axónio**, e numerosas outras, curtas, as **dendrites**. O corpo celular é a porção mais volumosa da célula nervosa. É indispensável ao crescimento, ao metabolismo geral e à regeneração das ramificações. Nele localiza-se o núcleo, há também muitas mitocôndrias, o sistema de Golgi e o retículo endoplasmático rugoso. Todos eles mergulhados no citoplasma.

Os prolongamentos do corpo celular formam as **dendrites**, que parecem antenas ramificadas. O axónio é um fino prolongamento que pode medir alguns milímetros de comprimento ou até um metro. Na sua região terminal há um feixe de ramificações que permite o contacto do neurónio com as outras células. Ao longo do axónio há **bainhas** envolventes. Um axónio termina, geralmente, por várias ramificações designadas **arborização terminal**.

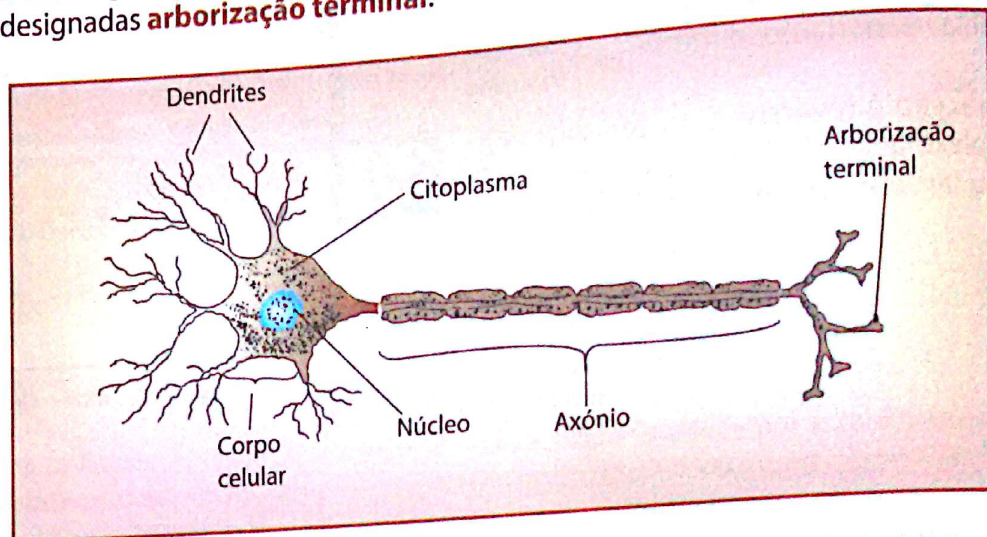


Fig. 14 Constituição de um neurónio

## Tipos de neurónios

Os neurónios apresentam grande diversidade de formas e tamanhos. Segundo a estrutura podem ser unipolares, bipolares e multipolares.

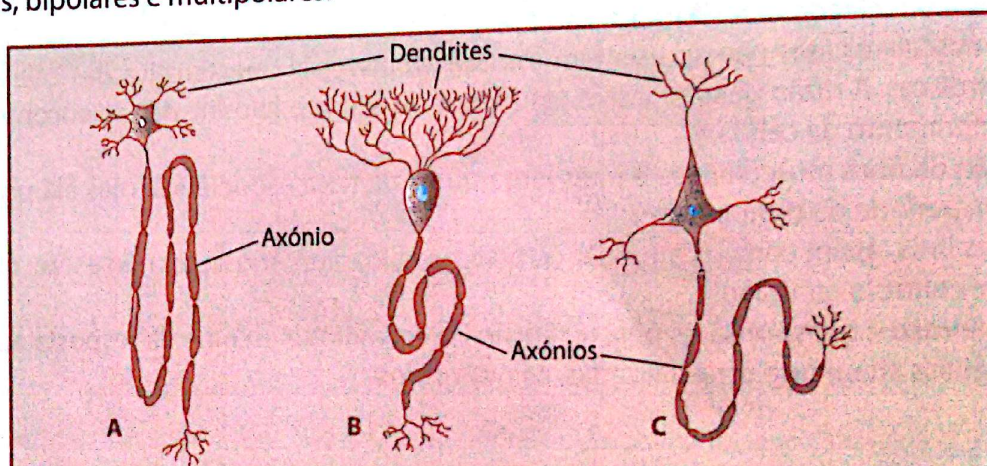


Fig. 15 Vários tipos de neurónios (A - Unipolares; B - Bipolares; C - Multipolares)



Segundo a função que desempenham pode-se distinguir **neurónios sensitivos, motores e associativos** (ou **mistos**), (veja também a página 150).

Nos vertebrados, além dos neurónios, o sistema nervoso apresenta **células da glia**. Este tipo de células dão suporte aos neurónios, participam na defesa do sistema nervoso e controlam as trocas de substâncias entre ele e o sangue. As células da glia constituem cerca de metade do volume do nosso encéfalo e existem em vários tipos, como pode ver na figura 16.

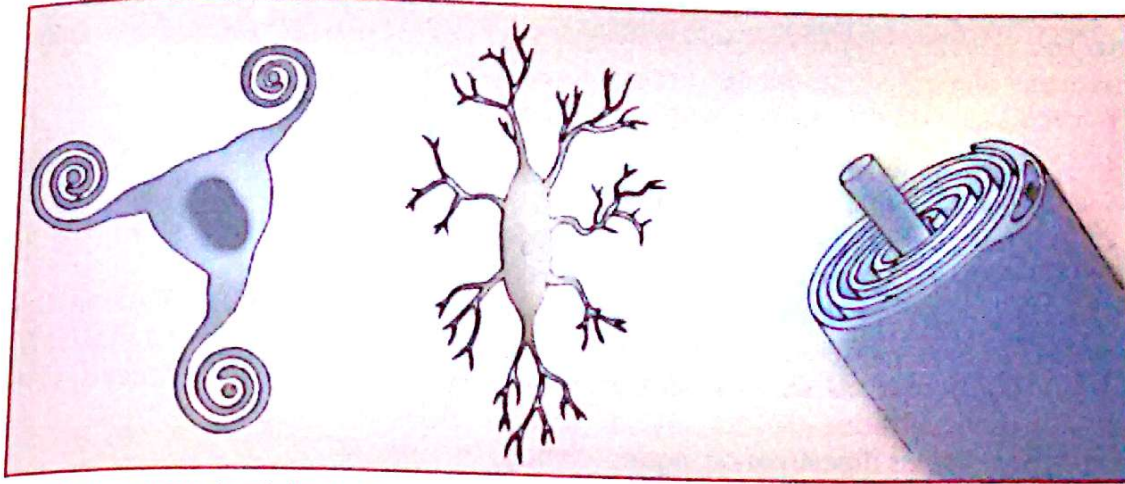


Fig. 16 Vários tipos de células da glia

Do sistema nervoso central partem os prolongamentos dos neurónios. Esses prolongamentos são as **fibras nervosas** formadas por um conjunto de axónio e bainha nervosa. As fibras nervosas reúnem-se em feixes, formando os **nervos**.

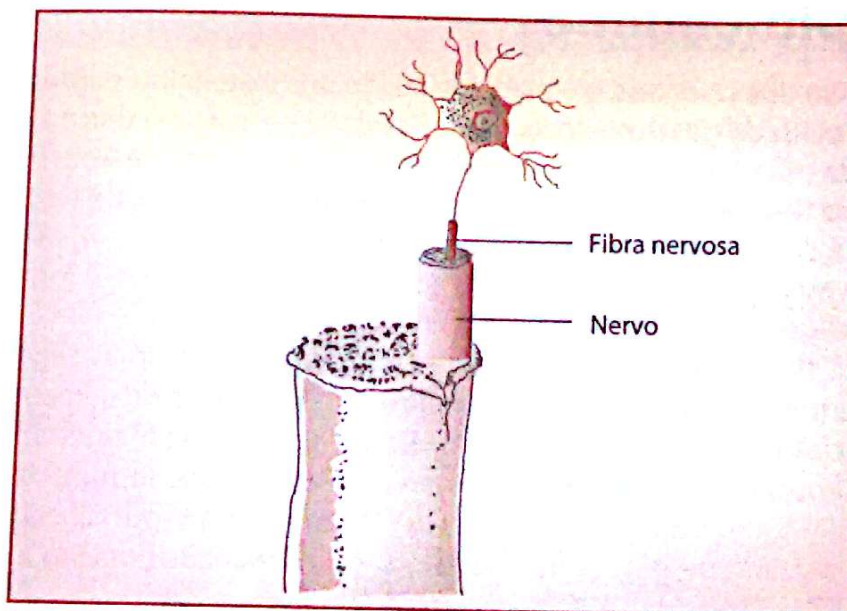


Fig. 17 Corte esquemático da estrutura interna de um nervo

Os nervos que levam informações dos receptores sensoriais para o sistema nervoso central são os **nervos sensoriais**; aqueles que transmitem impulsos do sistema nervoso central para os músculos ou glândulas são **nervos motores**. Existem ainda **nervos mistos** (ou associativos), formados por prolongamentos de neurónios sensoriais e motores.



### Evolução dos sistemas digestivos

Todos os animais são heterotróficos, isto é, nutrem-se de substâncias orgânicas produzidas por outros seres vivos.

Os tipos de alimento que um animal ingere constituem a sua dieta que varia de espécie para espécie. No entanto, os animais podem ser classificados em:

- **Herbívoros** – alimentam-se exclusivamente de produtos vegetais, como algas e plantas.
- **Carnívoros** – têm um regime alimentar constituído por outros animais ou produtos de origem animal.
- **Omnívoros** – alimentam-se tanto de produtos vegetais como de animais.
- **Sapróvoros** – alimentam-se de matéria orgânica em decomposição.

O modo como os animais procuram e captam os alimentos varia. Contudo, os mecanismos pelos quais esses alimentos são transformados no interior dos seus corpos são similares.

Todos os animais possuem células, cavidades e órgãos especializados no processamento dos alimentos, que inclui ingestão, digestão, absorção e eliminação de resíduos.

A cavidade corporal onde decorre o processamento dos alimentos constitui o **sistema digestivo**.

Os sistemas digestivos evoluíram no sentido de um aproveitamento cada vez mais eficaz dos alimentos.

Daí, o tubo digestivo pode ser uma simples cavidade ou ser bastante complexo, apresentando diferentes órgãos especializados.

Analisemos os sistemas digestivos de alguns animais.

### Cnidários e platelmintes

A hidra, animal do filo dos cnidários, e a planária, do filo dos platelmintes apresentam uma cavidade digestiva denominada **cavidade gastrovascular**. Essa cavidade possui uma única abertura. Apesar de ser designada por boca, essa abertura funciona cumulativamente como boca e ânus. Por ela entram os alimentos e por ela saem os resíduos alimentares não aproveitados. Pelo facto de ter apenas uma abertura, esse **sistema digestivo** é denominado **incompleto**.

A cavidade gastro-vascular é revestida por gastroderme que, por sua vez, é formada por quatro tipos de células: **musculares-digestivas, glandulares, intersticiais e sensoriais**.

A digestão inicia-se na cavidade gastro-vascular por acção de enzimas segregadas pelas células glandulares da gastroderme. É uma **digestão extracelular**. As partículas do alimento parcialmente digerido vão sendo englobadas pelas células musculares-digestivas, em que a digestão se completa (**digestão intracelular**). Portanto, a digestão começa extracelularmente e termina intracelularmente. Os produtos úteis da digestão são distribuídos às diversas células do corpo por difusão. Os restos não aproveitados permanecem na cavidade gastro-vascular até serem eliminados devido à contracção do corpo do animal pela boca.

No entanto, a planária possui uma **faringe** que se projecta para fora da boca captando os animais de que se alimenta. Além disso, o tubo digestivo forma três ramos: um anterior e dois posteriores, cujas ramificações possibilitam que nenhuma célula do organismo fique muito afastada do tubo digestivo. A ramificação



da cavidade aumenta consideravelmente a área de digestão e de absorção, permitindo uma distribuição mais eficaz dos nutrientes.

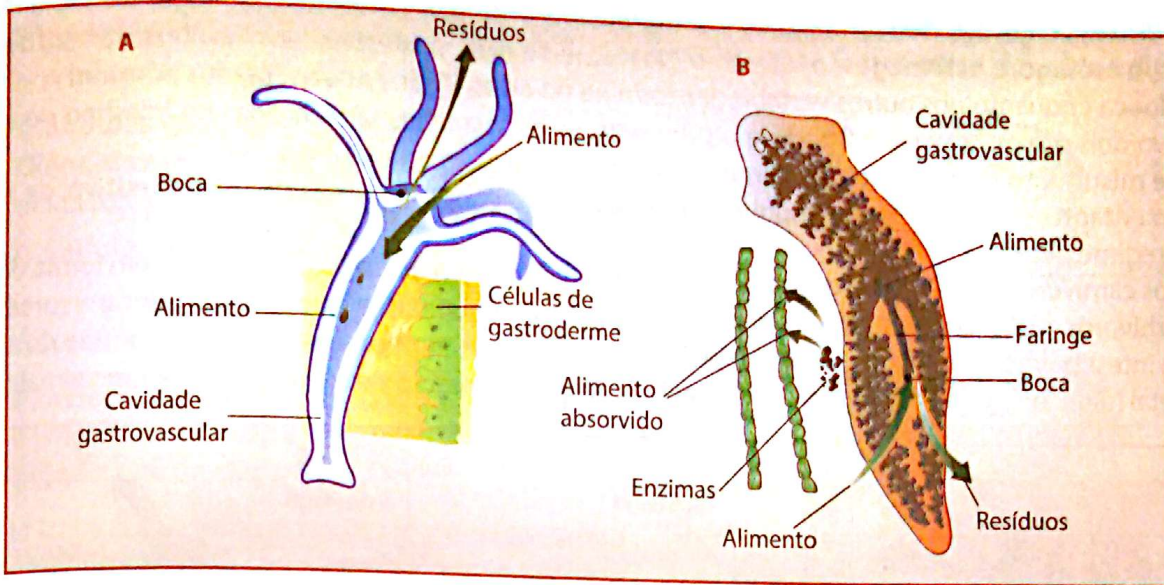


Fig. 18 Cavidade gastrovascular nos cnidários (A – hidra) e platelmintos (B – planária)

## Anelídeos

Como todo o anelídeo, a minhoca tem um **sistema digestivo completo**, ou seja, o tubo digestivo está diferenciado em diversas regiões especializadas e possui duas aberturas: a **boca**, por onde entram os alimentos, e o **ânus**, pelo qual saem os resíduos.

À **boca** segue-se a **faringe** curta que suga os alimentos. Estes passam ao **esófago**, sendo armazenados no **papo**. Os alimentos seguem depois para a **moela**, uma porção dilatada e musculosa do tubo digestivo. A moela actua como um verdadeiro moedor, pois as suas contracções esmagam o alimento contra as partículas da terra, fragmentando-o. A sua função é, portanto, equivalente à dos dentes de outros animais, executando uma «digestão mecânica» do alimento. O alimento triturado pela moela passa para o **intestino** onde se mistura com enzimas digestivas segregadas pelas células intestinais. A digestão ocorre extracelularmente e os nutrientes são absorvidos pelas células da parede intestinal. O material inaproveitado é eliminado pelo ânus. O tubo digestivo completo apresenta algumas vantagens em relação ao incompleto, nomeadamente:

- Os alimentos deslocam-se num único sentido, o que permite uma digestão e uma absorção sequenciais ao longo do tubo havendo, por isso, um aproveitamento mais eficaz dos nutrientes.
- A digestão pode ocorrer em vários órgãos devido ao diferente tratamento mecânico e à acção de diferentes enzimas.
- Os resíduos não digeridos acumulam-se durante algum tempo sendo depois expulsos através do ânus.

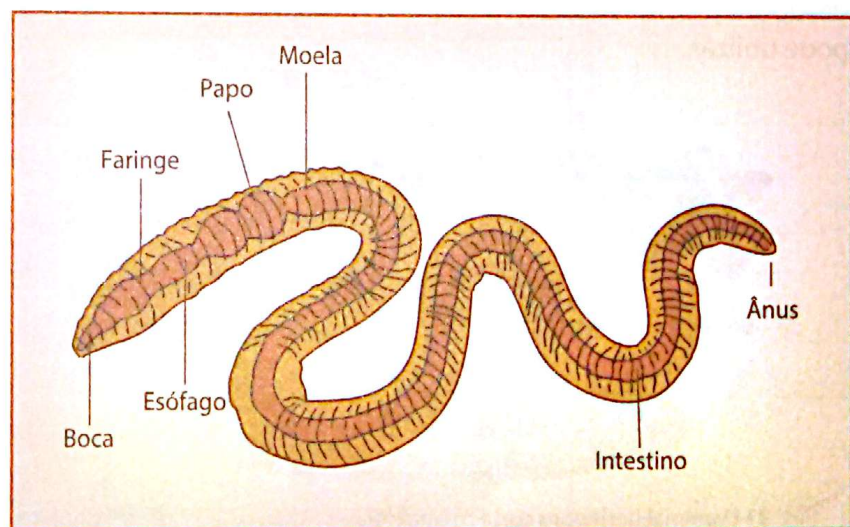


Fig. 19 Tubo digestivo da minhoca



# Vertebrados

O sistema digestivo dos vertebrados é **completo**. As principais partes do tubo digestivo são a **boca**, a **faringe**, o **esófago**, o **estômago** e o **intestino**. Nos répteis e aves, o intestino termina numa câmara denominada **cloaca** enquanto nos outros vertebrados termina no **ânus**. Todos os vertebrados possuem no sistema digestivo dois órgãos anexos, o **fígado** e o **pâncreas**, cujas secreções são lançadas no intestino do animal onde se misturam com os alimentos. Alguns apresentam também glândulas salivares.

No entanto, os mamíferos apresentam algumas adaptações específicas do tubo digestivo, de acordo com o regime alimentar.

Nos carnívoros e omnívoros, o estômago é constituído por um único compartimento em forma de saco. Nos herbívoros o intestino é, proporcionalmente, muito maior que o intestino dos animais carnívoros. Associa-se o intestino mais longo, no qual o alimento permanece mais tempo, pelo facto de a digestão do alimento vegetal (devido às paredes celulósicas) ser mais lenta que a digestão do alimento de origem animal.

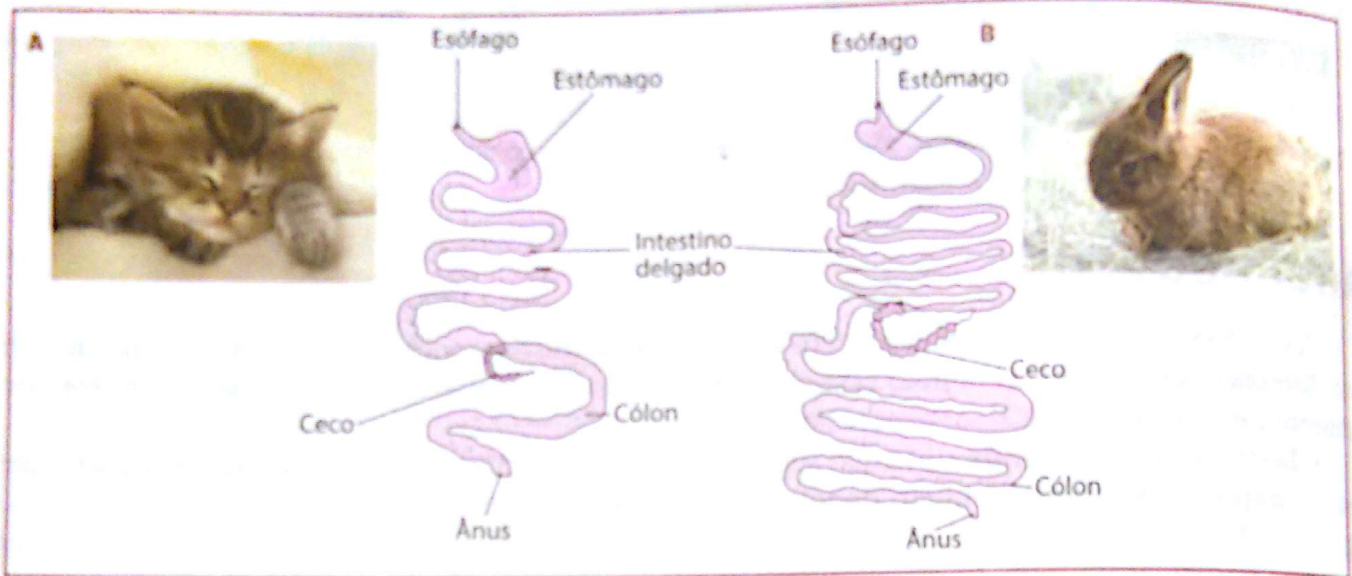


Fig. 20 Sistemas digestivos de um carnívoro (A) e de um herbívoro (B)

Em certos mamíferos herbívoros como, por exemplo, nos ruminantes (bois, búfalos, antílopes, girafas) existem adaptações interessantes relacionadas principalmente com a dieta, rica em celulose. Nesses animais, o estômago é enorme, apresentando-se constituído por quatro compartimentos: **pança** (rúmen), **barrete** (retículo), **folhoso** (omaso) e **coalheira** (abomaso). Encontram-se aqui bactérias que desdobram e metabolizam a celulose, deixando livre uma série de compostos orgânicos que o mamífero pode utilizar.

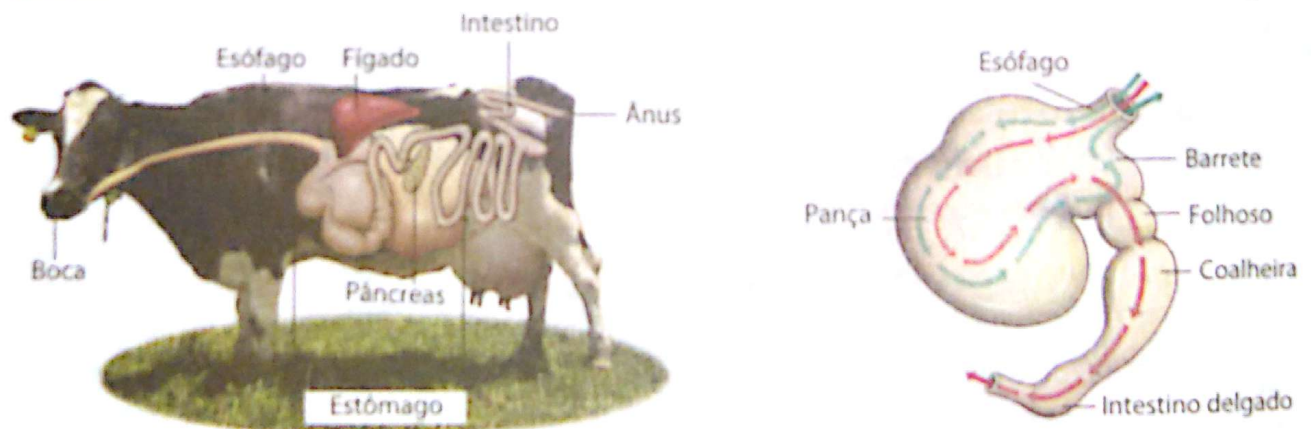


Fig. 21 O animal herbívoro corta os vegetais e engole-os sem os mastigar. Quando está em repouso, os alimentos voltam progressivamente à boca, onde são mastigados e ensalivados, para serem engolidos de novo. Esta actividade chama-se ruminar, razão pela qual estes herbívoros são designados herbívoros ruminantes.



Considerando a classe dos mamíferos, vamos abordar seguidamente alguns aspectos do sistema digestivo humano.

Embora a digestão se inicie na boca, é no estômago e no intestino delgado que ela se processa, graças à intervenção de uma grande variedade de enzimas. As enzimas fazem parte dos sucos digestivos que são produzidos em glândulas, tais como:

- **Glândulas gástricas**, na parede do estômago.
- **Glândulas intestinais**, na parede do intestino delgado.
- **Glândulas salivares**, na boca.

Existem também órgãos anexos ao tubo digestivo que produzem sucos digestivos, nomeadamente:

- **Pâncreas**, que segrega o suco pancreático que é lançado no duodeno.
- **Fígado**, que produz a biliar.

Na **boca**, o alimento é mastigado e misturado à **saliva**. Além de auxiliar, com os seus movimentos, a mistura do alimento com a saliva, a **língua** também é útil na **deglutição** forçando porções de alimento a se deslocar para a faringe. Os alimentos deglutidos passam pelo **esófago**, um tubo de cerca de 25 cm de comprimento, chegando ao **estômago**.

Depois de algum tempo no estômago, o alimento apresenta-se como quimo, que passa lentamente para o duodeno. No **duodeno**, que é a porção inicial do **intestino delgado**, desembocam os canais do **pâncreas** e do **fígado**.

A absorção de nutrientes realiza-se essencialmente ao nível do **intestino delgado**. Neste órgão existem estruturas na parede interna, as **vilosidades intestinais**, que aumentam significativamente a área da superfície de absorção. Isto permite um melhor contacto entre os nutrientes e a parede intestinal, o que facilita a absorção intestinal, ou seja, a passagem de moléculas simples, resultantes da digestão, para o meio interno, representado pelo sangue e pela linfa.

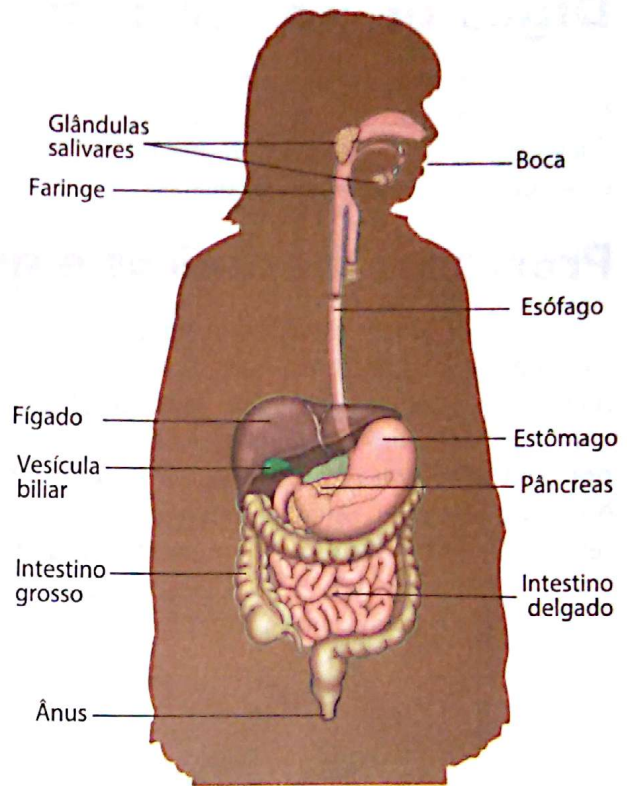


Fig. 22 Constituição do sistema digestivo do ser humano

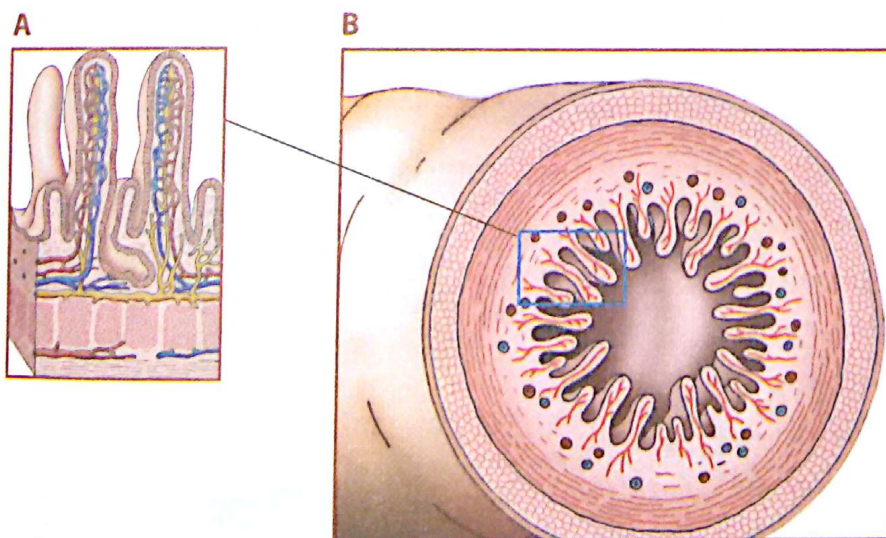


Fig. 23 As vilosidades intestinais (A) do intestino delgado (B) representam grande expansão da área de absorção.



O **intestino grosso** é um tubo com 6 cm de diâmetro e 1,5 de comprimento. Sua primeira porção é uma região sacular, chamado **ceco**, onde se abre o **apêndice cecal**. A porção final do tubo digestivo é o **recto**, que se abre no ânus.

## Digestão no ser humano

Os alimentos ingeridos são decompostos no sistema digestivo nos nutrientes simples que os constituem para que possam ser utilizados pelo organismo. Esta transformação dos alimentos em substâncias mais simples designa-se por **digestão**. Em quase todos os animais, o alimento sofre tratamento mecânico e químico antes de ser assimilado.

## Processos mecânicos e químicos da digestão

Grandes blocos de alimento quebrados em pedaços menores expõem uma superfície maior e auxiliam a acção das enzimas. A fragmentação do alimento, que é um processo mecânico, pode ser feita no reino animal pela acção das peças bucais dos artrópodes (como as da libélula e as da lagosta), por raspagem (com a rádula de alguns moluscos), por mastigação (com os dentes, caso dos vertebrados) ou, ainda, por contracção de órgãos musculares internos (como a moela de minhoca e das outras aves). No ser humano, os movimentos peristálticos do esófago e do estômago, assim como a mastigação com os dentes, são responsáveis pela fragmentação de alimentos.

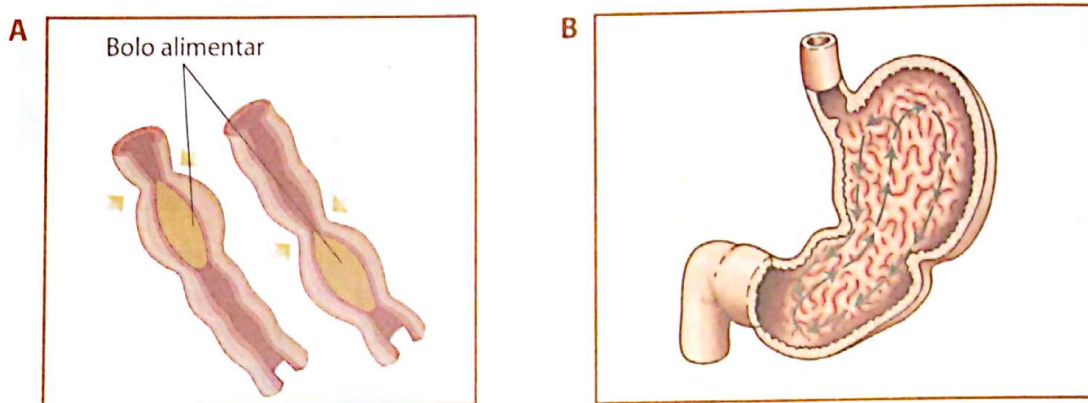


Fig. 24 Movimentos peristálticos do esófago (A) e do estômago (B), que fazem parte da acção mecânica.

Nos processos químicos, as grandes moléculas dos alimentos são quebradas em moléculas menores por **hidrólise**, catalisadas pelas enzimas digestivas. A reacção abaixo representa genericamente as reacções da hidrólise.

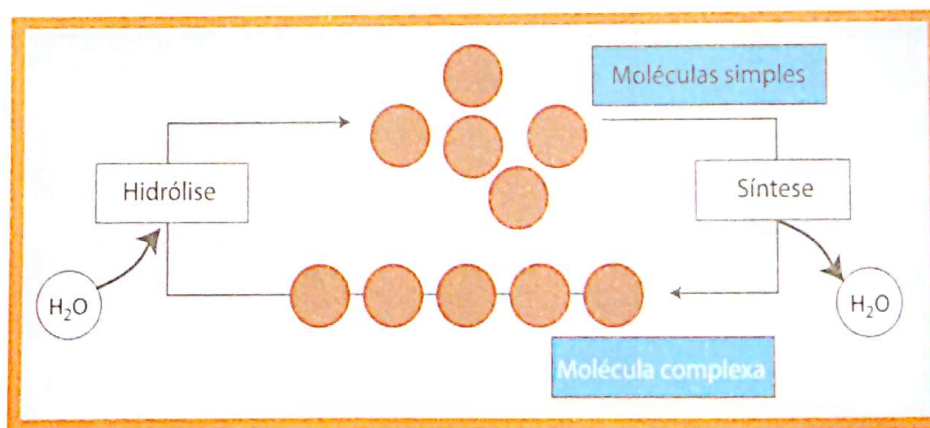


Fig. 25 Representação esquemática das reacções de hidrólise e de síntese



Assim por exemplo, um polissacarídeo, como o amido, só pode ser utilizado após ser desdobrado em muitas moléculas de glicose. As proteínas, que são macromoléculas, devem ser desdobradas até aos seus aminoácidos constituintes. Já os lípidos são desdobrados em glicerol e ácidos gordos.

## Acção das enzimas na digestão

As enzimas que catalisam o tipo de reacção acima descrita são chamadas **hidrolases**.

No entanto, as enzimas digestivas recebem denominações de acordo com o substrato sobre o qual actuam. Quatro grandes grupos de enzimas digestivas presentes nos animais incluindo o ser humano são: **proteases** (digerem proteínas), **carboidrases** (digerem hidratos de carbono), **lipases** (digerem lípidos) e **nucleases** (digerem ácidos nucleicos).

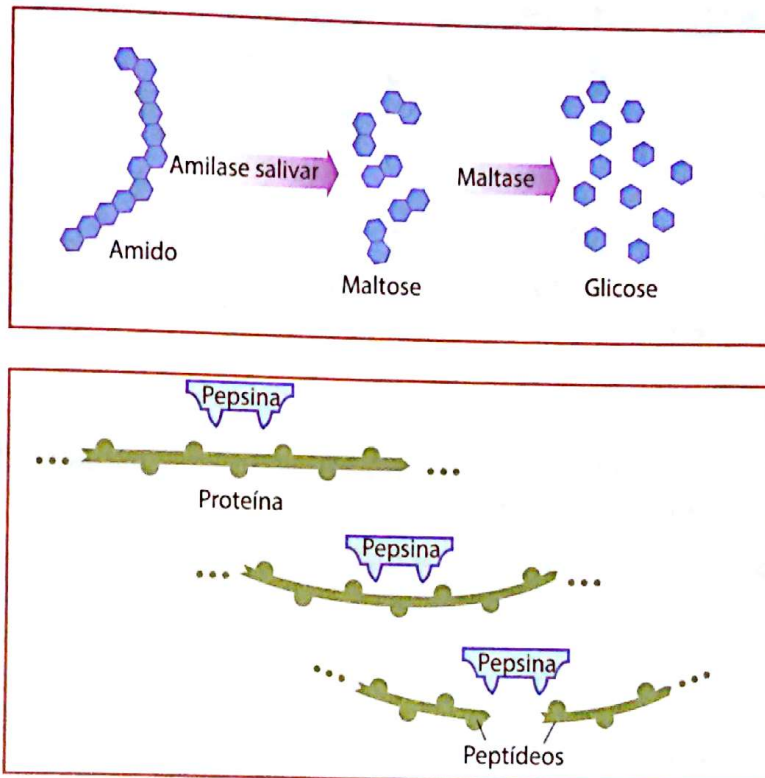


Fig. 26 Representação esquemática da decomposição dos nutrientes

### Quadro 3: Principais enzimas digestivas

Principais enzimas digestivas				
Secreção	Enzima	Substrato	Produto	Local de acção
Saliva	Amilase	Amido	Maltose	Boca
Suco gástrico	Pepsina	Proteínas	Peptídeos	Estômago
	Lipase (fraca)	Lípidos	Glicerol e ácidos gordos	
Suco pancreático	Amilase	Amido	Maltose	Duodeno
	Tripsina	Proteína	Peptídeos	
	Lipase	Lípidos	Glicerol e ácidos gordos	
	Ribonuclease	ARN	Ribonucleotídeos	
Suco entérico	Desoxirribonuclease	ADN	Desoxirribonucleotídeos	Intestino delgado
	Sacarase	Sacarose	Glicose e frutose	
	Lactase	Lactose	Glicose e galactose	
	Maltase	Maltose	Glicose	
	Peptidases	Peptídeos	Aminoácido	
	Lipases	Lípidos	Glicerol e ácidos gordos	



## Sais minerais e vitaminas

As **vitaminas** são **substâncias orgânicas** muito importantes, indispensáveis à vida, pois regulam várias funções do organismo, incluindo a protecção contra algumas doenças. Para que o organismo funcione de forma eficaz e saudável é importante que obtenha a quantidade e variedade de vitaminas que necessita.

O organismo animal não é capaz de fabricar vitaminas. Por isso, elas devem ser adquiridas através dos alimentos que se ingere. Os alimentos mais ricos em vitaminas são os frutos e os legumes.

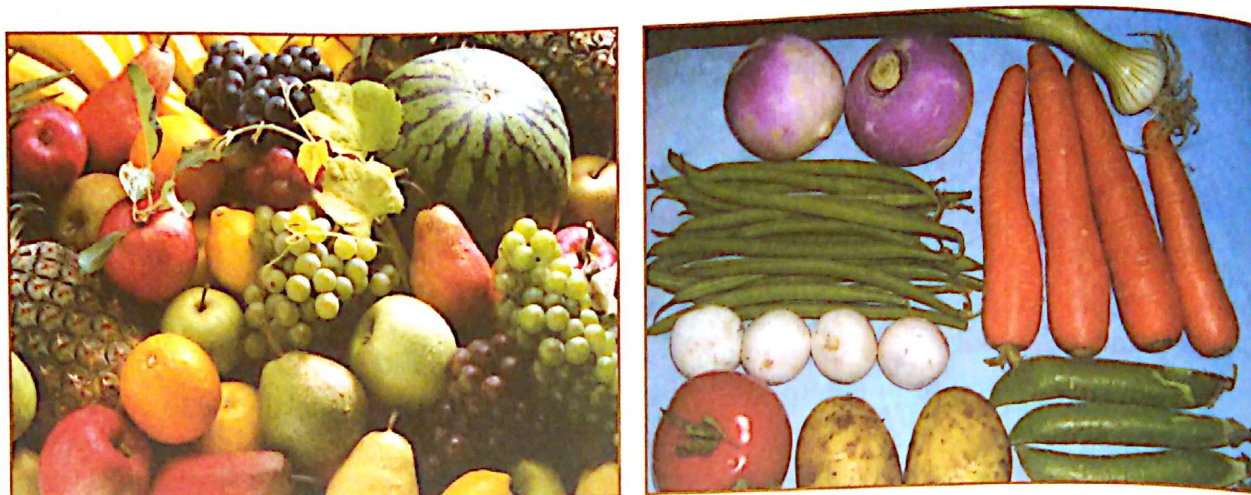


Fig. 27 Frutas e legumes são considerados as fontes principais das vitaminas.

A acção das vitaminas no organismo é extremamente específica. Isto significa que cada vitamina tem uma determinada acção sobre o organismo, acção essa que nenhuma outra vitamina pode ter.

As vitaminas classificam-se em dois grupos:

- **Hidrossolúveis**
- **Lipossolúveis**

### Quadro 4: Grupos de vitaminas

Tipos de vitamina	Propriedades	Exemplos
<b>Hidrossolúveis</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• São solúveis em água.</li> <li>• Separam-se facilmente dos alimentos que as contêm através do calor e passam para a água de cozedura dos alimentos.</li> </ul>	C, B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub>
<b>Lipossolúveis</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• São solúveis em lípidos.</li> <li>• São estáveis ao calor e não passam para a água da cozedura dos alimentos.</li> </ul>	A, D, K, E

No quadro que se segue estão representadas as principais vitaminas, descrevendo-se as respectivas fontes e funções no organismo.



Quadro 5: Principais vitaminas, suas fontes e funções

Vitaminas	A	D	E	K	C	B1	B2	B <sub>3</sub>
Fontes	Fígado, leite, peixe, carne, couve, folhas de batata doce e de abóbora, cenoura	Incidência de luz na pele, óleo de fígado de peixe, ovos, manteiga, leite	Óleo de girassol, manteiga, amêndoas	Legumes verdes, fígado, carne de porco e de vaca, batata, tomate, frutos	Citrinos, goiaba, manga, legumes frescos, tomate, pimenta, fígado	Legumes secos, cereais, pão integral	Cereais, fígado, ovos, carne, leite, queijo	Fígado, carne, peixe, cereais
Funções	Activa o crescimento e a visão. Assegura o bom funcionamento da pele e das mucosas. Desenvolvimento dos ossos.	Permite a fixação do cálcio pelos ossos e dentes, fortalecendo-os.	Melhora a saúde reprodutora e a fertilidade.	Contribui para a coagulação do sangue.	Permite a fácil cicatrização das feridas.	Permite o bom funcionamento do coração, dos músculos e dos nervos.	Actua na saúde da pele e mucosas da boca.	Evita o aparecimento de pelagra.
Consequências da carência	Xeroftalmia (cegueira noturna)	Raquitismo (ossos fracos e deformados)	Esterilidade (deficiência do sistema reprodutor)	Dificuldade na coagulação do sangue	Escorbuto (inchaço e sangue nas gengivas)	Béribéri (distúrbios nervosos, fadiga e fraqueza)	Cantos da boca ensanguentados.	Inflamação da pele
Tipo	Lipossolúveis				Hidrossolúveis			

Os **sais minerais** e a **água** pertencem ao grupo de **substâncias inorgânicas** que se encontram em diversos alimentos, tais como os vegetais, os frutos secos, o sal da cozinha, o leite, o peixe e a água.

Algumas substâncias inorgânicas como o enxofre, o fósforo, o sódio, o potássio, o cálcio, o magnésio e a água fazem parte do organismo e, por isso, têm uma **função plástica**, ou seja, participam na constituição dos tecidos.

Existem minerais que apesar de não terem uma função plástica são importantes porque têm uma **acção protectora** e regulam algumas funções do organismo. Fazem parte destes minerais o zinco, o cobre, o iodo e o ferro.

Da mesma forma que as vitaminas, os minerais têm uma função específica.

O quadro que se segue apresenta alguma informação sobre minerais e as suas fontes e acções principais no organismo.



**Quadro 6:** Principais sais minerais, suas fontes e funções

Minerais	Fontes	Acção principal no organismo
<b>Cálcio</b>	Leite, queijo, gema de ovo, vegetais	Formação dos ossos, dos dentes e do sangue
<b>Sódio</b>	Sal de cozinha	Equilíbrio do plasma sanguíneo
<b>Cloro</b>	Sal de cozinha	Composição do suco gástrico
<b>Fósforo</b>	Leite, queijo, carne, legumes secos	Formação dos osso e dos dentes Reprodução Necessário para a obtenção de energia
<b>Potássio</b>	Carne, peixe, legumes secos, chocolate, frutos	Fundamental para a actividade muscular
<b>Magnésio</b>	Pão integral, banana	Regulação do ritmo cardíaco, do crescimento e bom funcionamento muscular Importante na produção de proteínas no organismo
<b>Flúor</b>	Água, carne, leite, queijo	Prevenção da cárie dentária Mantém a estrutura dos dentes e fortalece-os.
<b>Ferro</b>	Fígado, vegetais	Fundamental para a estrutura da hemoglobina
<b>Iodo</b>	Peixe, carne, mariscos, queijo, carne	Composição de uma substância produzida pela tiróide Essencial ao bom funcionamento da tiróide Evita o bócio.

## Doenças do sistema digestivo

Já deve ser do seu conhecimento que algumas das causas das doenças do aparelho digestivo estão relacionadas com os hábitos alimentares, com a forma de preparar os alimentos e até com as próprias regras de higiene.

São exemplos de doenças do aparelho digestivo:

- A **gastrite**
- A **úlcera**
- A **apendicite**
- A **hepatite**

A **gastrite** é uma doença do estômago, enquanto que as **úlcera**s podem ocorrer tanto no estômago como no intestino. Quando ocorrem no intestino, estas doenças têm particular incidência no duodeno. Estas doenças são provocadas por uma corrosão (**desaparecimento**) da mucosa destes órgãos causada por uma produção excessiva de sucos digestivos. Normalmente, isto acontece devido a abusos alimentares tais como consumo excessivo de álcool, vinagre, café, temperos, etc.

A corrosão da mucosa do estômago ou do intestino ocorre lentamente. Quando esta corrosão provoca uma inflamação na mucosa estomacal, está-se perante uma **gastrite**. Quando a corrosão provoca feridas na mucosa estomacal significa uma **úlceras gástrica**. Caso ocorra no intestino, a úlcera é chamada **duodenal**.

Os sintomas destas doenças são dores nos respectivos órgãos digestivos. As dores são mais intensas ao consumir comida ou bebidas quentes. Os sintomas da gastrite são, especificamente, um aquecimento do estômago acompanhado por gases e dores. Os sintomas das úlceras manifestam-se através de dores nos órgãos afectados, mais frequentemente quando se sente fome.

A **apendicite** é uma infecção que ocorre no apêndice na região do ceco. A infecção aparece quando o apêndice é entupido por fezes, ovos ou parasitas, e outras partículas estranhas.

O apêndice inflamado pode romper-se, o que pode causar a contaminação da membrana que reveste o abdómen. A inflamação dessa membrana pode impedir a respiração e ter consequências muito sérias, incluindo a morte do indivíduo. É por isso que é necessário retirar o apêndice inflamado, o mais rapidamente possível, nas pessoas que sofrem de apendicite.



Os sintomas da apendicite incluem, inicialmente, uma dor na zona do umbigo. Numa fase mais avançada, os sintomas passam a ser dores no lado direito da parte inferior da barriga, falta de apetite, vômitos, enjoo, dificuldade em mover a perna direita e febre.

A **hepatite** é uma infecção por vírus que danifica o fígado. A doença é em geral benigna nas crianças e mais grave nos adultos. Se a resposta do organismo é adequada, a hepatite pode curar-se, se é muito intensa pode evoluir para uma forma grave, se a resposta é insuficiente a infecção persiste e torna-se crónica. A hepatite crónica pode evoluir para cirrose e cancro do fígado. Há diversos tipos de hepatite: A, B, C e D.

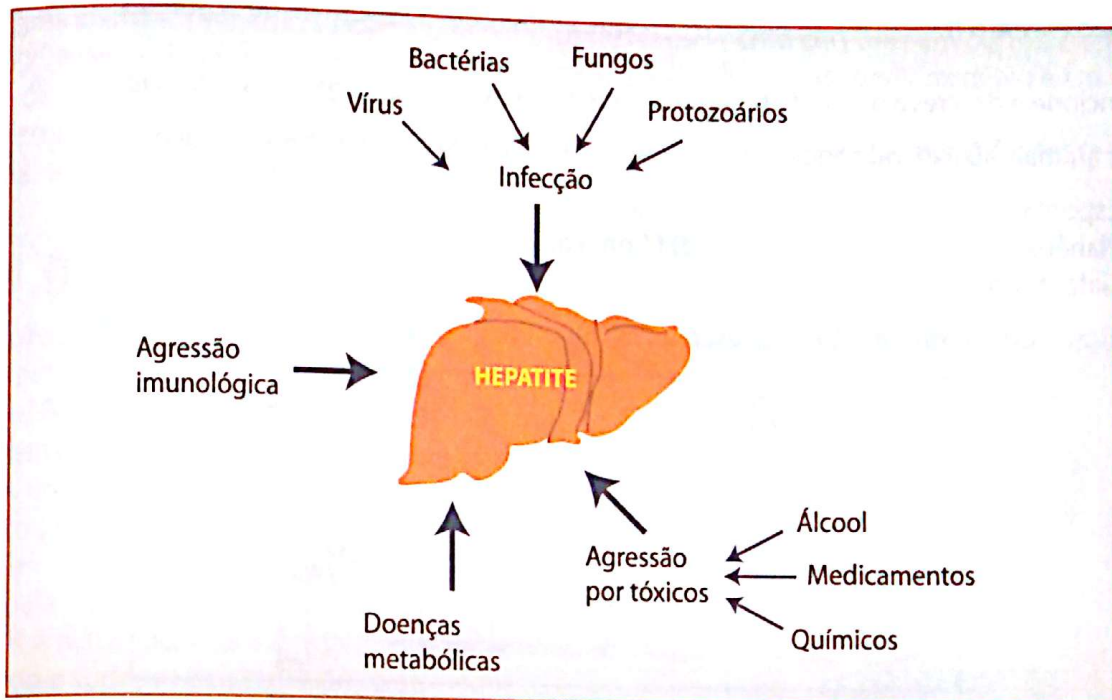


Fig. 28 Possíveis causas de uma infecção com hepatite

A **hepatite A** é uma doença infecciosa e aguda, transmitida pela água contaminada com fezes infectadas. É facilmente disseminada por alimentos, pratos, copos e talheres contaminados. Ela evolui para cura sem o recurso de nenhum medicamento nem uma atitude particular. Muito raramente a hepatite A desenvolve-se para uma forma grave e nunca evolui para a hepatite crónica.

A **hepatite B** é uma infecção crónica com o vírus de hepatite B e é transmitida por transfusão de sangue, pelo contacto sexual, por injeção com agulha contaminada ou da mãe para o filho (transmissão vertical).

As **hepatites C e D** são transmitidas principalmente pela transfusão sanguínea, cocaína e *piercing*. transmissão vertical e via sexual são pouco frequentes.

Muitas pessoas com hepatite não apresentam nenhum dos sinais da doença. Elas podem, no entanto, passar a doença para outras. É muito importante que todos sigam as regras de higiene.

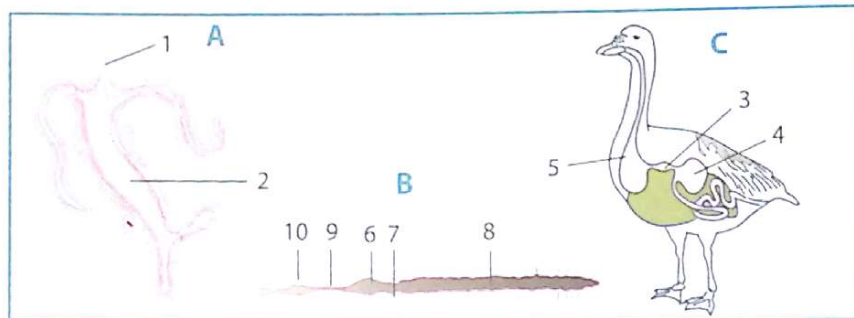




1. Defina os conceitos de nutrição, alimentação e digestão.
2. Complete as frases que se seguem para obter afirmações verdadeiras.

A captação de alimentos pelos organismos chama-se **a)** \_\_\_\_\_.  
 A **b)** \_\_\_\_\_ consiste num conjunto de fenómenos mecânicos e químicos que desdobram os  
**c)** \_\_\_\_\_ contidos nos alimentos em moléculas simples, que podem ser **d)** \_\_\_\_\_. A  
 característica mais importante dos sistemas digestivos da hidra e da planária é terem uma  
**e)** \_\_\_\_\_, com uma abertura que funciona como **f)** \_\_\_\_\_ e **g)** \_\_\_\_\_. Nos  
 mamíferos a absorção ocorre principalmente ao nível do **h)** \_\_\_\_\_. Nas paredes desse  
 órgão existem **i)** \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ que aumentam a superfície de absorção.

3. Mencione e descreva o tipo de reacção química que as enzimas digestivas catalisam:
4. Dos animais abaixo indicados, escolha aquele que só realiza digestão intracelular.
  - a) Esponja.
  - b) Hidra.
  - c) Planária.
  - d) Minhoca.
  - e) Gafanhoto.
5. Na figura que se segue estão representados três animais e os seus sistemas digestivos:



- a) Indique o tipo de sistema digestivo que cada animal apresenta.
  - b) Faça a legenda das figuras.
6. Um tubo digestivo completo confere algumas vantagens aos animais que o possuem. Das afirmações que se seguem, seleccione as verdadeiras.
    - a) Os animais têm maior capacidade de captar o alimento.
    - b) Pode ocorrer uma digestão sequencial ao longo dos vários órgãos digestivos.
    - c) Não é necessária uma grande variedade de enzimas.
    - d) As enzimas são mais activas e por isso a digestão e a absorção são mais rápidas.
    - e) Diversos alimentos podem experimentar diferentes tipos de tratamento em vários órgãos, ao mesmo tempo.
  7. No quadro seguinte estão referenciados alguns animais e os dois tipos de sistemas digestivos. Complete o quadro, colocando X nas situações afirmativas.

Animal	Tubo digestivo incompleto	Tubo digestivo completo
Mosca		
Medusa		
Lombriga		
Rã		

8. Cite duas diferenças entre o sistema digestivo dos vertebrados herbívoros e o dos carnívoros.
9. Justifique a seguinte frase: «Um ruminante acaba por ser, em última análise, um cultivador de bactérias, das quais extrai boa parte das proteínas constantes da sua dieta».



## Evolução dos sistemas respiratórios

Já foi visto, na unidade de citologia, que a maioria dos organismos obtém a energia necessária à manutenção do metabolismo por meio de respiração celular. Nesse processo, moléculas orgânicas de alimento reagem com oxigênio ( $O_2$ ), produzindo água ( $H_2O$ ) e dióxido de carbono ( $CO_2$ ), além de energia.

O local do corpo do animal onde se efectua o movimento dos gases respiratórios entre o meio externo e o meio interno é chamado **superfície respiratória**. O oxigênio do meio difunde-se através das membranas das células que revestem a superfície respiratória, sendo daí distribuído para todas as células do corpo; o dióxido de carbono faz o caminho inverso.

Em alguns animais a superfície respiratória é o próprio revestimento corporal; em outros, ela localiza-se em regiões específicas do corpo formando órgãos especializados em absorver oxigênio e em eliminar dióxido de carbono.

Há diversas formas de trocas gasosas entre as células e o ambiente: respiração por **difusão**, **respiração cutânea**, **traqueal**, **branquial** e **pulmonar**.

## Trocas gasosas nos animais

Os protozoários efectuam as trocas gasosas directamente com o meio externo, por **difusão**. Poríferos, celenterados, platelmintos e nematelmintos também respiram por difusão, tipo de respiração facilitado pela forma do corpo dos animais. Poríferos têm apenas duas camadas de células, ambas banhadas pela água enquanto o corpo dos platelmintos é achatado, o dos nematelmintos é delgado e todas as células estão relativamente próximas da superfície.

Animais que apresentam este tipo de respiração são, geralmente, pequenos e possuem corpo cilíndrico ou achatado.

A **respiração cutânea** pode estar presente tanto em animais aquáticos (poríferos, celenterados e platelmintos aquáticos) como em animais terrestres (platelmintos terrestres, minhocas e anfíbios). O ambiente húmido é fundamental para a respiração cutânea, uma vez que a superfície do corpo deve estar humedecida para permitir a difusão de gases. Nos anfíbios, a respiração cutânea constitui um suplemento à respiração pulmonar.

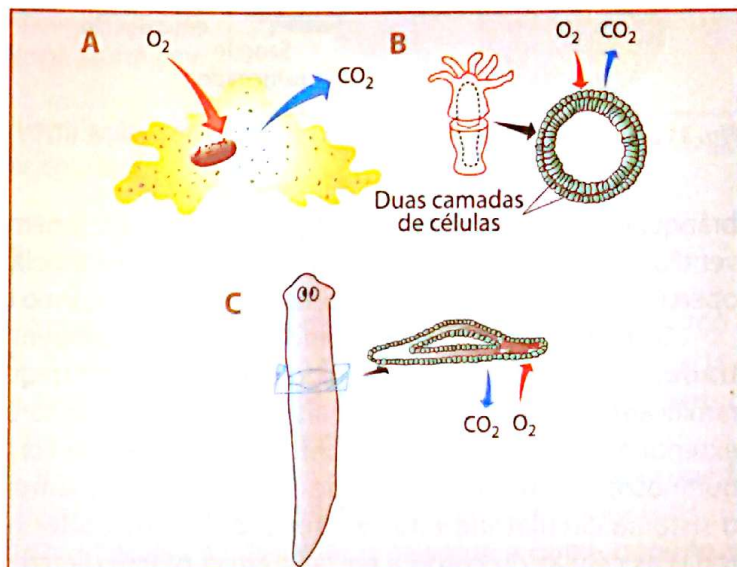


Fig. 29 As trocas gasosas em protozoários (A), celenterados (B) e platelmintos (C) ocorrem directamente com o meio por difusão.

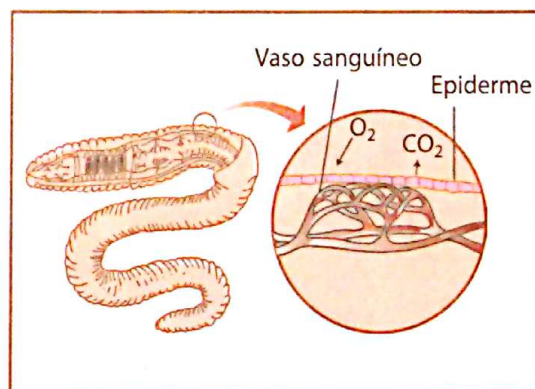


Fig. 30 Respiração cutânea na minhoca



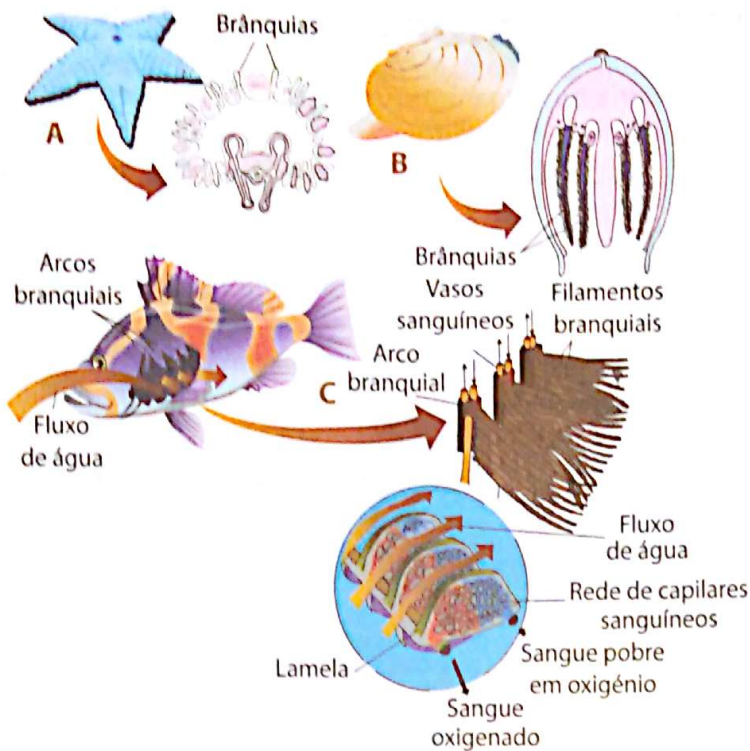


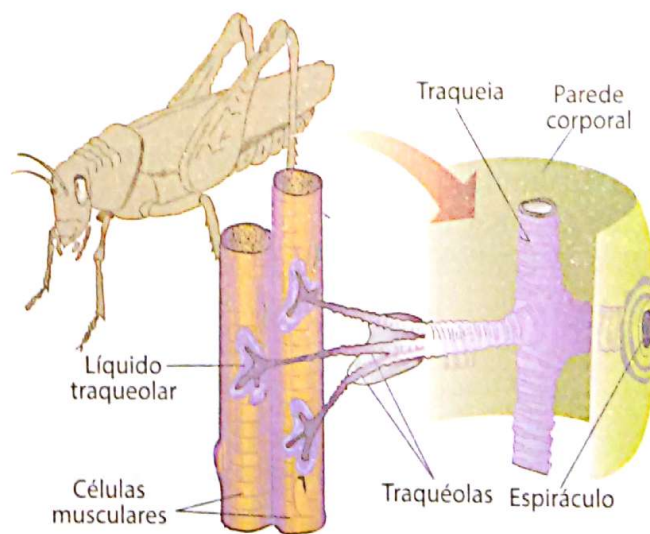
Fig. 31 Brânquias nas estrelas-do-mar (A), moluscos (B) e peixes (C)

A maioria dos animais aquáticos respira através de brânquias. Estas são órgãos respiratórios formados a partir de expansões externas da superfície do corpo que entram em contacto directo com o meio aquático, de onde absorvem o oxigénio e onde eliminam o dióxido de carbono. A estrutura das brânquias varia em complexidade e tem diferentes localizações. Nas estrelas-do-mar as brânquias são pequenas papilas distribuídas por toda a superfície corporal. Moluscos e peixes têm brânquias formadas por finas projecções epiteliais altamente vascularizadas. A água, ao passar entre os filamentos branquiais, troca gases com o sangue que circula pelos capilares.

Os peixes apresentam brânquias alojadas em cavidades, designadas por **cavidades branquiais**. Nestas cavidades, os epitélios respiratórios ficam protegidos por estruturas apropriadas. São exemplos dessas estruturas os **opérculos**. A inclusão das

brânquias numa cavidade, não só protege, como também favorece o desenvolvimento do mecanismo de ventilação. A água entra pela boca e, depois de passar pela faringe, banha as brânquias, saindo pelas fendas operculares. Deste modo é assegurado um fluxo contínuo de água que permite a ventilação.

Diversos artrópodes, tais como os insectos, possuem um sistema respiratório conhecido por **sistema traqueal**. Esse sistema é constituído por uma rede de traqueias que são tubos por onde circula o ar e que se ramificam em canais cada vez mais finos ao longo do corpo do animal. As traqueias comunicam-se com o exterior através de pequenas aberturas da superfície corporal, os **espiráculos**. As traqueias têm reforços quitinosos anelares ou espiralados que as mantêm sempre abertas. Em animais com respiração traqueal, o sistema circulatório não tem função de transportar gases respiratórios. As traqueias possibilitam a todas as células do corpo a entrada em contacto directo com o ar. Este facto favorece a oxigenação eficiente das células, o que permite uma taxa metabólica elevada.



Traquéola – ramificação da traqueia

Fig. 32 O sistema traqueal nos insectos



Diversos animais terrestres, tais como caracóis, algumas aranhas e vertebrados, respiram por meio de **pulmões**. Estes são bolsas de ar localizadas no interior do corpo.

Os caracóis e as aranhas não apresentam nenhum mecanismo especial para forçar a entrada e saída de ar dos pulmões; a renovação de gases ocorre por simples difusão. Já os vertebrados dispõem de mecanismos de **ventilação pulmonar** que garantem a constante renovação do ar nos pulmões.

Os anfíbios têm pulmões cuja estrutura varia desde sacos de paredes finas até estruturas mais com- partimentadas nas rãs. Os pulmões dos anfíbios são lisos com pequena área de trocas gasosas. A oxigena- ção do sangue é complementada na sua passagem pela pele delgada e ricamente oxigenada. A encontram-se subdivididos em numerosos compartimentos que se ligam entre si. Os pulmões mais complexos são os dos mamíferos. Eles apresentam uma grande área interna e são constituídos por unidades de trocas gasosas, denominadas **alvéolos**. Nas aves, os pulmões não possuem alvéolos, mas túbulos, denominados **parabranquíolos**, nos quais decorrem as trocas gasosas. Filogeneticamente, no sistema respiratório dos anfíbios, répteis e mamíferos pode verificar-se:

- Um aumento da compartimentação dos pulmões, o que faz aumentar a área da superfície respiratória por unidade de volume de pulmão.
- Uma maior especialização do sistema de ventilação.
- Um aumento de eficiência na circulação sanguínea.

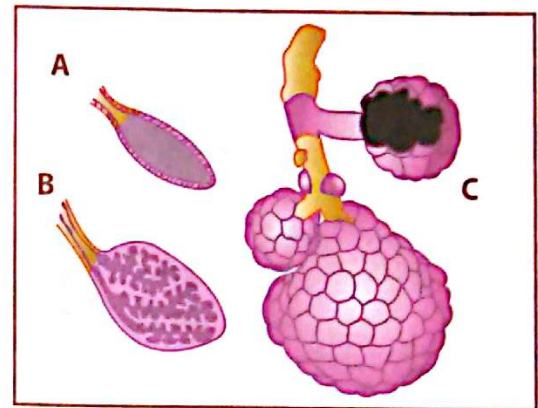


Fig. 33 Pulmões de alguns vertebrados (A – anfí- bios; B – répteis; C – mamífero)

## Pulmões no ser humano

Um pulmão humano é um órgão esponjoso com aproximadamente 25 cm de comprimento e 700 g de peso. O pulmão direito é ligeiramente maior do que o esquerdo e está dividido em três lóbulos; já o pulmão esquerdo tem apenas dois lóbulos. Na face interna de ambos os pulmões existe uma abertura por onde passam os brônquios, as artérias pulmonares e as veias pulmonares.

O pulmão é envolto por duas membranas, denominadas **pleuras**. A pleura interna adere à superfí- cie pulmonar, enquanto a pleura externa está ligada à parede da caixa torácica. Entre as pleuras há um espaço preenchido por um líquido que permite que as pleuras deslizem uma sobre a outra, durante os movimentos respiratórios.

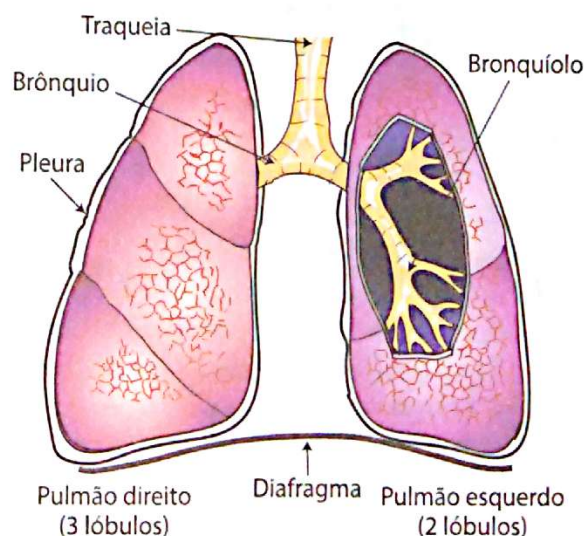


Fig. 34 Pulmões humanos



A base de cada pulmão apoia-se no **diafragma**, uma membrana, espessa e resistente formada por diversas camadas musculares. O diafragma existe apenas nos mamíferos e separa a cavidade torácica da cavidade abdominal.

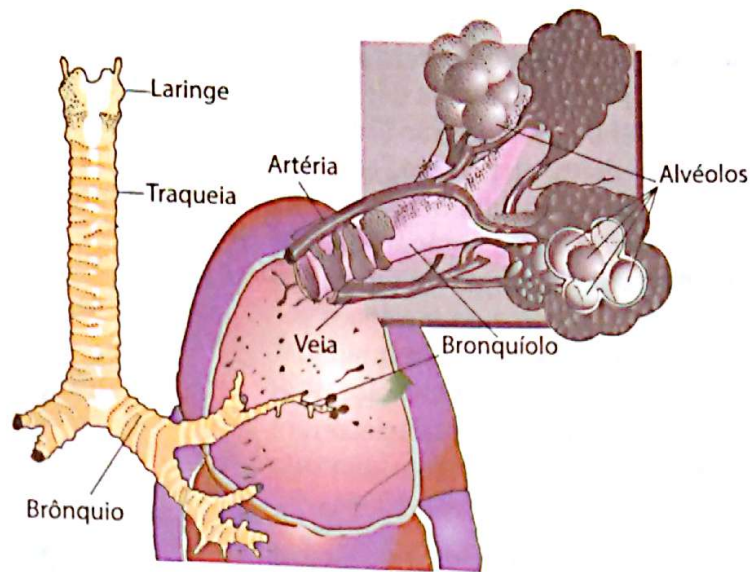


Fig. 35 Componentes do sistema respiratório humano

A **ventilação pulmonar** depende dos músculos intercostais e do diafragma.

A entrada de ar nos pulmões, a **inspiração**, ocorre quando há contração da musculatura do diafragma e dos músculos intercostais. O diafragma baixa e as costelas elevam-se, o que aumenta o volume da caixa torácica forçando o ar a entrar nos pulmões.

A saída de ar dos pulmões, a **expiração**, ocorre quando há relaxamento da musculatura do diafragma e dos músculos intercostais. O diafragma eleva-se e as costelas descem, o que diminui o volume da caixa torácica forçando o ar a sair dos pulmões.

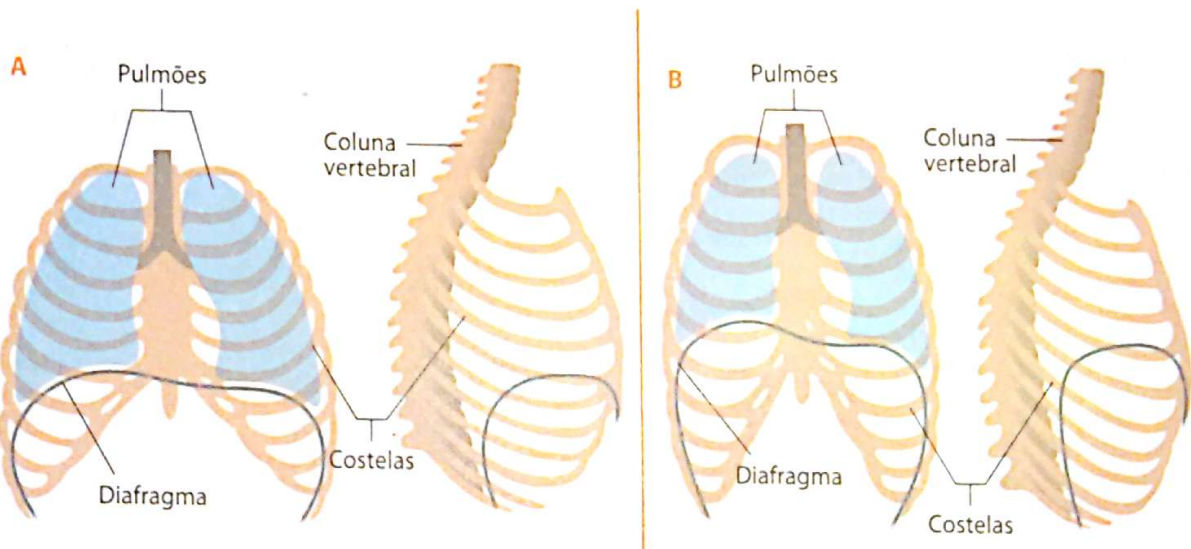


Fig. 36 Alterações na posição do diafragma e das costelas provocam aumento ou diminuição no volume da caixa torácica, determinando a entrada ou a saída de ar nos pulmões.

Cada pulmão é constituído por cerca de 150 milhões de **alvéolos pulmonares**. Estes são pequenas bolsas de paredes finas e recobertas por capilares sanguíneos.



A tabela seguinte mostra as taxas de oxigénio e de dióxido de carbono no ar inspirado e no ar expirado.

Classificação do ar	Oxigénio %	Dióxido de carbono %
Ar inspirado	21	0,03
Ar expirado	14	5

Isso indica que na hematose o oxigénio passa dos alvéolos pulmonares para o sangue e o dióxido de carbono do sangue para os alvéolos pulmonares. Essa passagem ocorre através da **difusão**. Essa difusão é passiva, dependendo de um gradiente de concentrações, isto é, os gases difundem-se no sentido da maior concentração para a menor concentração. No sangue venoso que chega aos pulmões existe baixa concentração de  $O_2$  e alta concentração de  $CO_2$  libertado pelos tecidos em actividade.

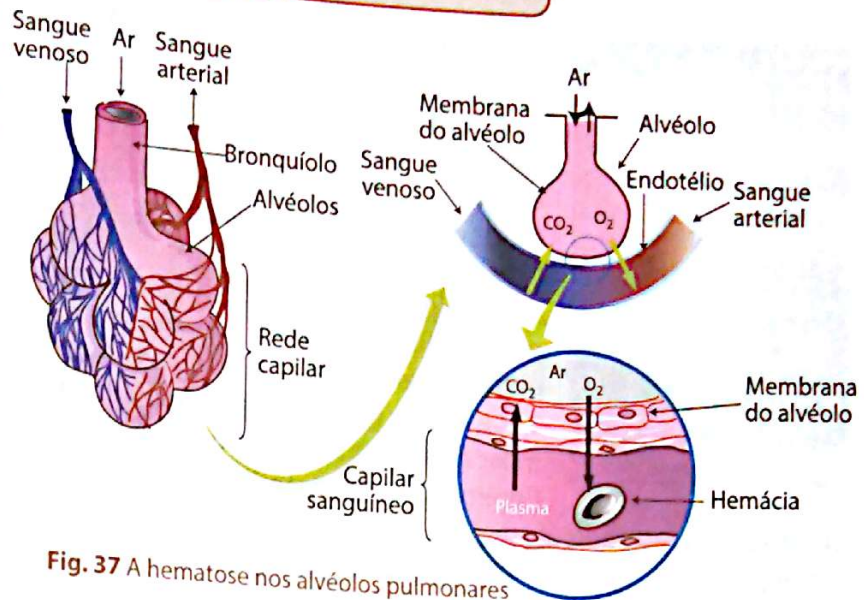


Fig. 37 A hematose nos alvéolos pulmonares

A difusão dá-se através de duas camadas celulares que separam o ar alveolar do plasma sanguíneo: uma é a membrana dos próprios alvéolos pulmonares e a outra a membrana dos capilares sanguíneos que envolvem os alvéolos.

## Doenças do sistema respiratório

Existem várias doenças do sistema respiratório, entre as quais destacam-se as seguintes:

- A asma
- A pneumonia
- A tuberculose
- A bronquite

A **asma** é uma **reacção de defesa do organismo** contra substâncias estranhas contidas no ar inspirado, tais como pó, pêlos de animais, vapores de tintas, pólen das flores, etc. Os sintomas da asma manifestam-se acima de tudo através de dificuldades respiratórias. Ao inalar certas substâncias, o sistema respiratório reage com acção da defesa, encolhendo os brônquios e bronquíolos de forma a impedir a passagem de ar com partículas estranhas. A asma não tem cura, no entanto, quando surge uma crise de asma, o doente deve receber um tratamento próprio que consiste em abastecer o sistema respiratório com ar rico em oxigénio e medicamentos que ajudam a dilatar os brônquios e os bronquíolos. A asma não é uma doença contagiosa. Muitas vezes, é uma doença de nascença.

A **pneumonia** é uma doença provocada por bactérias que causam inflamação dos pulmões. Os pulmões atingidos ficam com os alvéolos pulmonares cheios de pus, o que impede a entrada do ar. A pneumonia é muitas vezes resultado de outras doenças respiratórias, tais como a constipação e a gripe, quando não são tratadas como deve ser.



Os sintomas da pneumonia são: febre, dores nos órgãos respiratórios, dificuldades respiratórias e tosse. Quando os brônquios e os bronquíolos também são afectados, chama-se a esta doença **broncopneumonia**. A pneumonia é uma doença contagiosa e transmite-se através da inalação de ar contaminado por bactérias.



Fig. 39 Robert Koch

A **tuberculose** é uma doença provocada por uma **bactéria** chamada **bacilo de Koch**, em homenagem ao cientista **Robert Koch**, que identificou o agente causador da tuberculose e se dedicou a investigar esta doença. A tuberculose é uma infecção que atinge principalmente os pulmões, mas às vezes provoca febre e tosse. Pode afectar os ossos, os rins e o cérebro, destruindo-os e enfraquecendo-os. A tuberculose transmite-se por contágio directo, através da tosse de um indivíduo contaminado, ou por contágio indirecto, através da saliva, moscas, alimentos contaminados, leite de vaca infectado pelo bacilo de Koch. Porém, é principalmente por inspiração do ar infectado ou saliva de indivíduos

infectados pela tuberculose que esta doença se propaga. Os sintomas da tuberculose incluem emagrecimento, fraqueza, tosse por mais de 15 dias, expectoração com sangue e febre (normalmente ao entardecer), e suores nocturnos.

É uma doença curável, mas pode levar à morte se o tratamento não for cumprido rigorosamente, ou se o tratamento não for iniciado a tempo.

A **bronquite** é uma doença causada pela **inflamação da mucosa dos bronquíolos**. Existe a **bronquite aguda**, geralmente causada por vírus ou bactérias, que pode durar alguns dias ou até semanas; e a **bronquite crónica**, que não é necessariamente causada por uma infecção, fazendo geralmente parte de uma síndrome chamada **doença pulmonar obstrutiva crónica**. Os sintomas da bronquite incluem tosse, expectoração, falta de ar, inchaços nas extremidades do corpo devido ao excesso do trabalho cardíaco, febre, quando a bronquite crónica estiver associada a uma infecção respiratória, cansaço, falta de apetite e dores no peito.

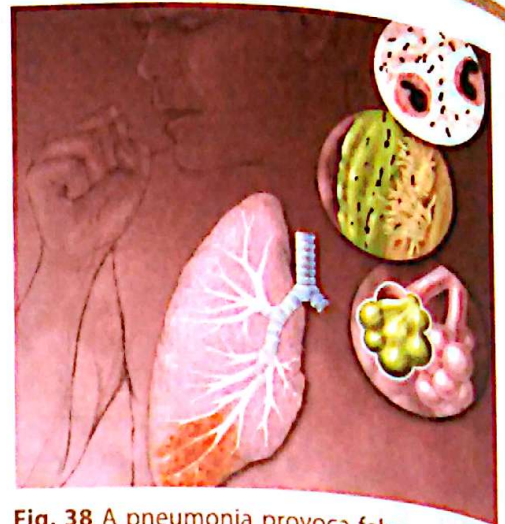


Fig. 38 A pneumonia provoca febre e tosse.

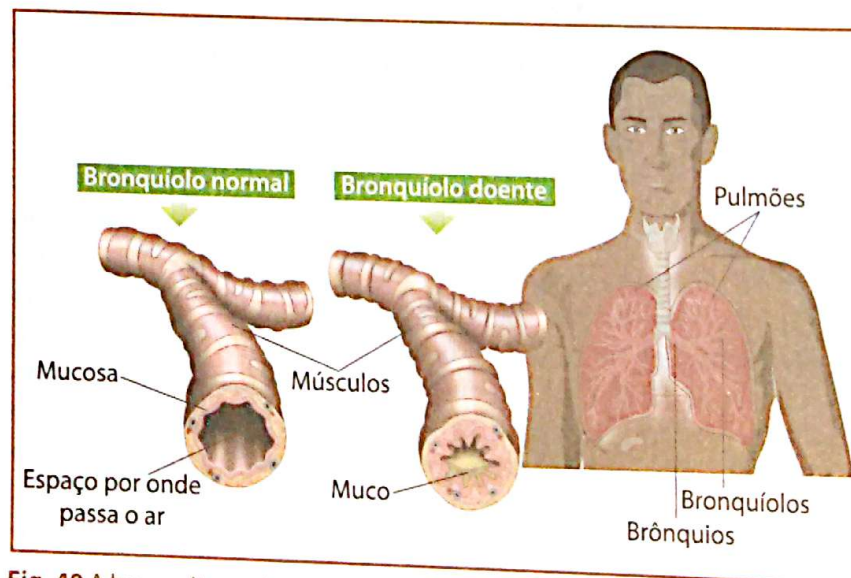


Fig. 40 A bronquite pode ter duas variantes: aguda ou crónica.

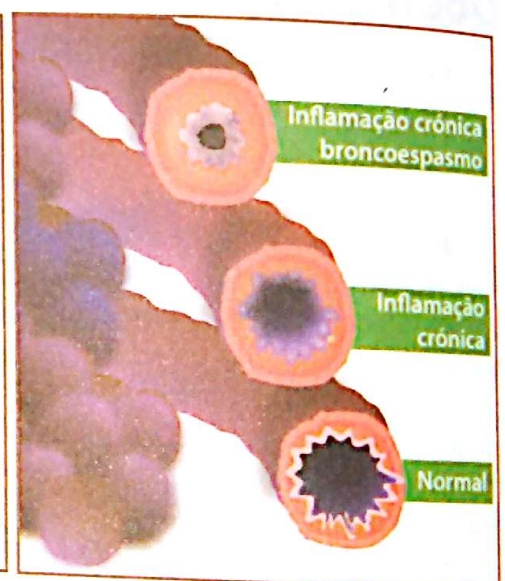


Fig. 41 Inflamação da mucosa dos bronquíolos







## Evolução dos sistemas circulatórios

Os animais têm de realizar, ininterruptamente, trocas de substâncias com o ambiente, pois todas as suas células precisam de receber nutrientes e oxigénio e eliminar dióxido de carbono e outros resíduos tóxicos ou prejudiciais. A existência de um sistema de transporte garante a chegada rápida de nutrientes e oxigénio às células e a remoção eficiente das substâncias inúteis ao organismo.

Um sistema de transporte típico inclui:

- Um fluido circulante como, por exemplo, o sangue
- Um órgão propulsor do sangue, geralmente o coração
- Um sistema de vasos ou espaços por onde o fluido circula.

## Funções do sistema circulatório

Como já foi referido, os sistemas circulatórios têm diversas funções, entre as quais se destacam:

- O **transporte de nutrientes** necessários à alimentação das células
- O **transporte de oxigénio** necessário à respiração celular
- A **remoção de dióxido de carbono** produzido na respiração celular.
- A **remoção das excreções** produzidas nalguns animais no metabolismo celular.
- O **transporte de hormonas** produzidas nas glândulas endócrinas.
- O **transporte de células e de anticorpos** do sistema imunitário, responsáveis pelo combate a agentes infecciosos que invadem o corpo.
- A **distribuição de calor** para todo o corpo

## Tipos de sistemas circulatórios

Antes de descrever os vários tipos de sistemas circulatórios nos animais é necessário fazer referência aos animais que não possuem um sistema de transporte – **animais avasculares**.

Nos animais aquáticos é muito simples, todas as células estão suficientemente próximas das células digestivas e da água. Por isso, não existe um sistema de transporte especializado. É o que acontece nos animais dos filos porífera, cnidária, platelmintes e nematelmintes.

Como já é do seu conhecimento, nos Cnidária as contracções da cavidade gastro, vascular, que se prolonga para o interior dos próprios tentáculos, e os movimentos dos cílios das células da gastroderme, provocam a deslocação do alimento, distribuindo-o por todo o corpo. Concluída a digestão intracelular, os nutrientes difundem-se para todas as células do corpo que estão relativamente próximas uma da outra. O oxigénio e as excreções difundem-se, respectivamente, da água para as células e destas para a água. A planária e outros platelmintes possuem uma cavidade gastro, vascular muito ramificada chegando próximo de todas as células. As substâncias difundem-se rapidamente dos ramos da cavidade digestiva para o fluido intersticial e deste para as células.

Nos animais que apresentam um sistema circulatório podem ser distinguidos dois tipos fundamentais: o **sistema circulatório aberto** (ou **lacunoso**) e o **sistema circulatório fechado**.

Nos **sistemas circulatórios abertos**, o líquido circulante denominado **hemolinfa**, é impulsionado pelo coração e segue pelo interior dos vasos que o conduzem até aos tecidos corporais. Nos tecidos, a hemolinfa abandona os vasos e cai em lacunas existentes entre as células. Dentro dessas lacunas, a



hemolinfa entra em contacto com as células ao redor, fornecendo-lhes nutrientes e captando as suas excreções. Após irrigar os tecidos, a hemolinfa retorna a outros vasos que a conduzem de volta ao coração.

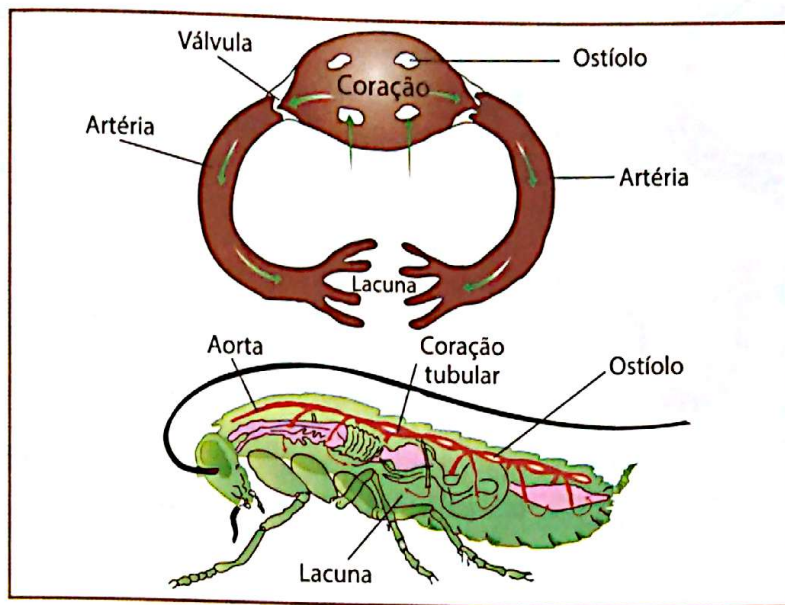


Fig. 42 Sistema circulatório aberto num artrópode

Nos **sistemas circulatórios fechados**, o líquido circulante denominado **sangue** nunca abandona o interior dos vasos sanguíneos. Impulsionado pelo coração, o sangue caminha pelo interior de vasos denominados **artérias** que se ramificam progressivamente em artérias menores, atingindo todas as partes do corpo. Aos órgãos e tecidos, artérias finíssimas denominadas **arteríolas**, ligam-se a vasos mais finos, os **capilares sanguíneos**, que atingem praticamente todas as células do corpo. Os capilares conectam-se no lado oposto ao da conexão com as arteríolas com vasos muito finos chamados **vénulas** que se unem para formar **veias**. Estas são progressivamente maiores e conduzem o sangue de volta ao coração.

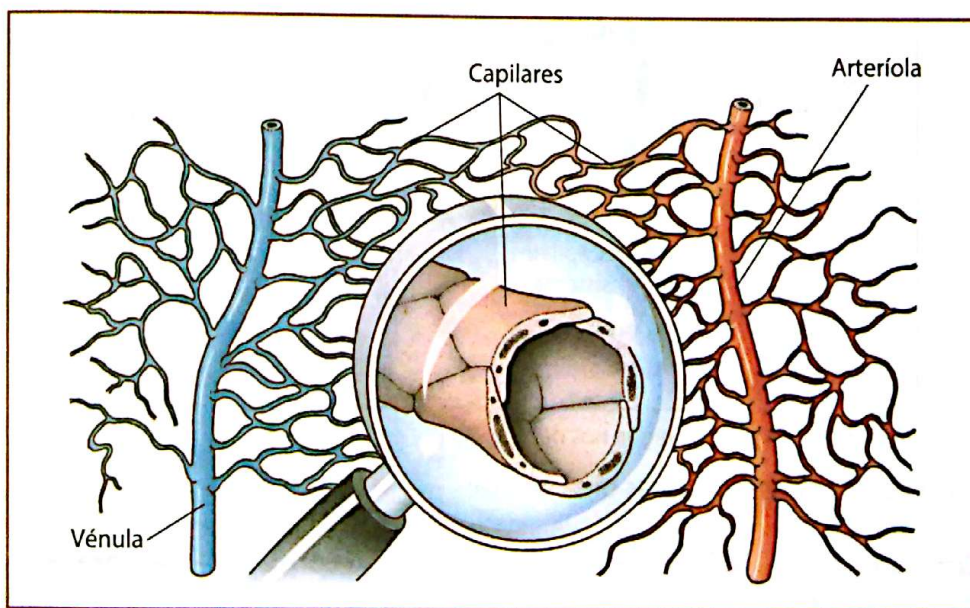


Fig. 43 Vasos sanguíneos existentes num sistema circulatório fechado



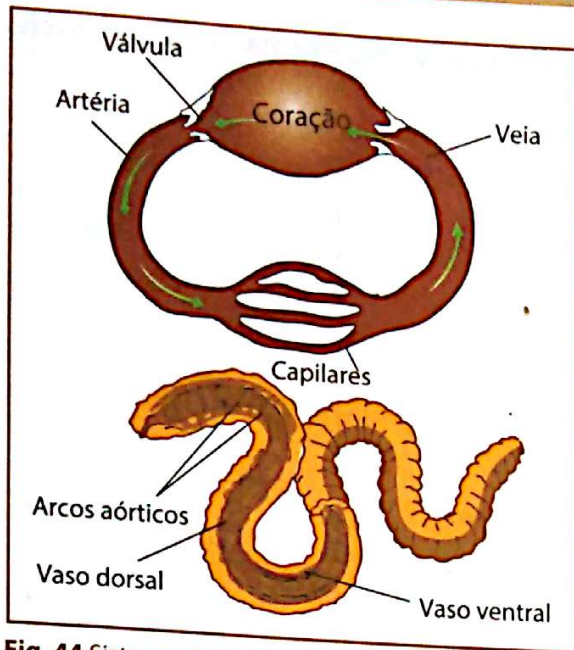


Fig. 44 Sistema circulatório fechado num anelídeo

Nos anelídeos, como por exemplo na minhoca, existem dois vasos principais, um dorsal e outro ventral, que estão conectados por vasos laterais. O vaso dorsal funciona como coração impulsionando o sangue por ondas de contracção.

Certos vasos laterais impulsionam o sangue do vaso dorsal para o vaso ventral.

O sistema circulatório dos vertebrados é fechado sendo o sangue impulsionado pelo coração através de um sistema contínuo de vasos sanguíneos. Esse sistema é designado por **sistema cardiovascular**.

O coração tem posição ventral, apresentando nos animais das diferentes classes um número variável de **aurículas** (câmaras às quais o sangue chega) e de **ventrículos** (câmaras que bombeiam o sangue para fora do coração).

Entre as aurículas e os ventrículos existem **válvulas** que permitem a passagem de sangue somente no sentido das aurículas para os ventrículos.

## Circulação nos vertebrados

Nos **peixes**, o coração tem apenas duas cavidades, uma aurícula e um ventrículo.

O sangue venoso, vindo das diferentes partes do corpo, entra na aurícula. A contracção auricular impele o sangue para o ventrículo, cuja contracção faz progredir o sangue, sob pressão, para as brânquias. Nas brânquias ocorrem trocas gasosas entre a água e o sangue venoso que se converte em arterial. O sangue arterial é recolhido pela artéria aorta que se ramifica para todo o corpo. Ao nível dos capilares sanguíneos, nos diferentes órgãos, o sangue liberta oxigénio e nutrientes e recebe o dióxido de carbono e outras excreções, convertendo-se em sangue venoso, regressando novamente ao coração.

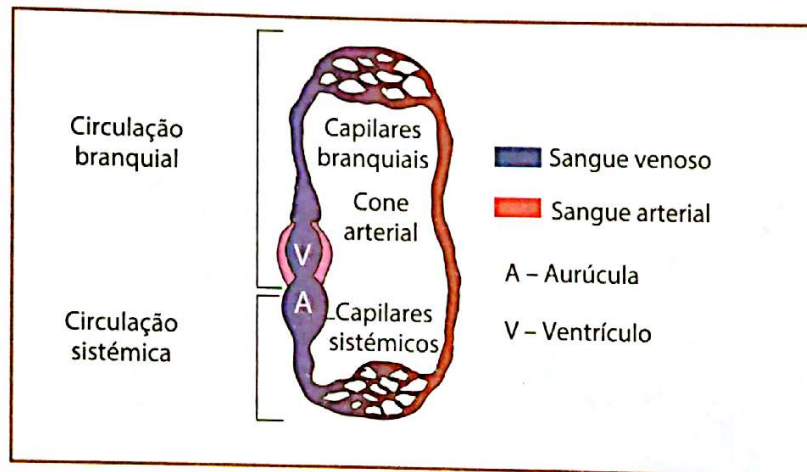


Fig. 45 Circulação do sangue nos peixes

Nos peixes, a circulação possui apenas um circuito:

**Coração** → **Brânquias** → **Tecidos do corpo** → **Coração**

É classificada como **circulação simples**. Como não há mistura de sangue arterial com sangue venoso, é também classificada como **circulação completa**.

Nos **anfíbios** o coração tem três cavidades, duas aurículas e um ventrículo. A aurícula direita recebe sangue venoso vindo dos tecidos do corpo. A aurícula esquerda recebe o sangue arterial proveniente dos



pulmões. As duas aurículas enviam o sangue ao ventrículo, onde há mistura do sangue arterial com o sangue venoso.

Em seguida, esse sangue é bombeado simultaneamente para os pulmões e para o restante corpo.

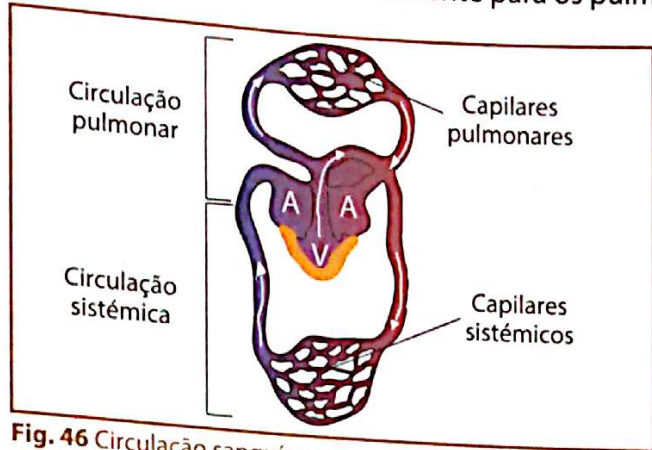
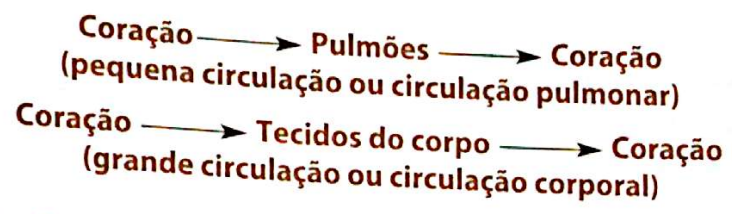


Fig. 46 Circulação sanguínea num anfíbio

Na circulação sanguínea dos anfíbios há dois circuitos:



Trata-se de uma **circulação dupla**. A mistura de sangue arterial com sangue venoso, no ventrículo único do coração, caracteriza uma **circulação incompleta**.

Nos **répteis**, existe uma **circulação dupla e incompleta**, semelhante à dos anfíbios. O coração apresenta duas aurículas e um ventrículo único, parcialmente dividido por um **septo**. No ventrículo dos répteis ocorre mistura do sangue arterial com o sangue venoso, porém menos intensa que no ventrículo dos anfíbios. Daí, o sangue bombeado do ventrículo para os vasos sanguíneos do corpo ser mais rico em oxigênio que o sangue impulsionado pelo ventrículo dos anfíbios.

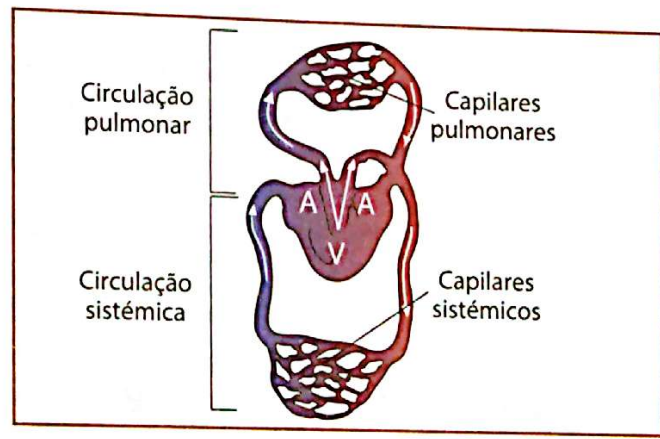


Fig. 47 Circulação sanguínea num réptil

Nas **aves** e nos **mamíferos**, o coração tem duas aurículas e dois ventrículos separados por um septo interventricular, não ocorrendo mistura do sangue arterial com o sangue venoso. Aves e mamíferos apresentam **circulação dupla e completa**.

A aurícula direita recebe o sangue venoso que chega dos tecidos pelas veias cavas. A veia cava anterior (ou superior) recebe o sangue drenado da cabeça e dos membros anteriores (ou superiores); a veia



cava posterior (ou inferior) recolhe o que vem dos membros posteriores (ou inferiores) e do tronco. Da aurícula direita o sangue passa através da válvula tricúspide para o ventrículo direito, de onde é impulsionado para os pulmões, passando pelas artérias pulmonares.

Oxigenado nos capilares dos pulmões, o sangue retorna pelas veias pulmonares à aurícula esquerda de onde passa para o ventrículo esquerdo. Em seguida, é bombeado sob alta pressão para a artéria aorta que o distribui para os tecidos.

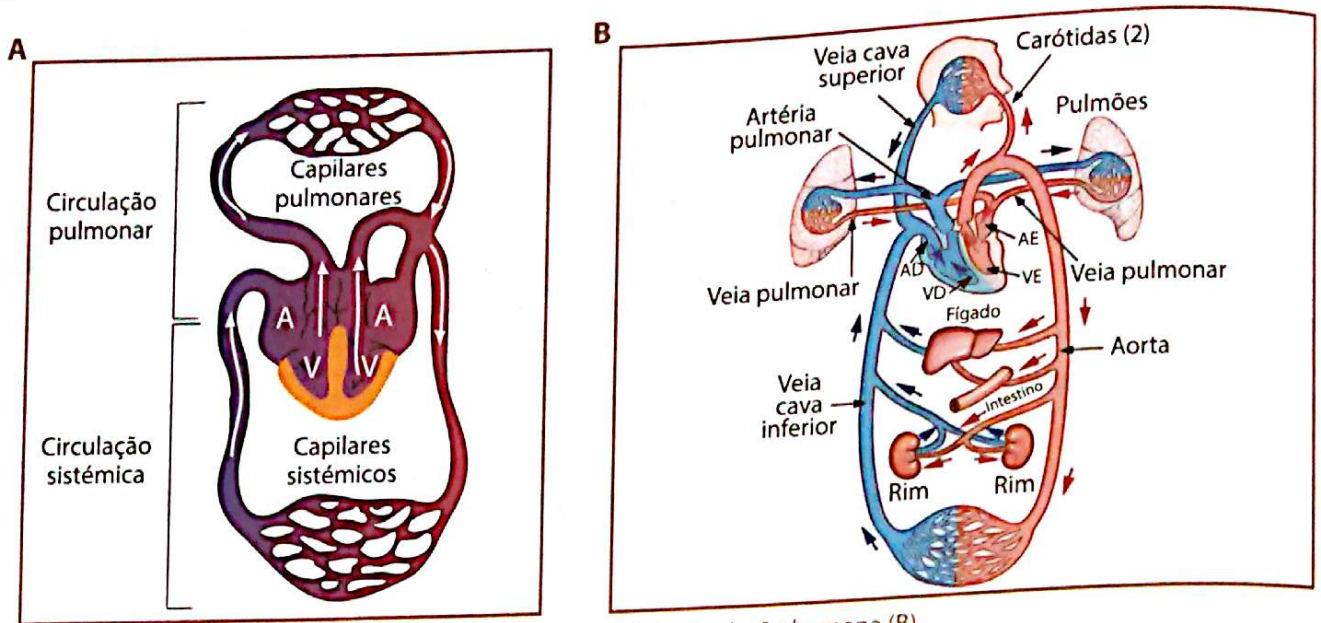


Fig. 48 Circulação sanguínea numa ave (A) e aspecto geral da circulação humana (B)

## Sangue

### Composição do sangue

Como já foi dito, o sangue é um fluido circulante e tem fundamentalmente as funções de **transporte**, **regulação** e **protecção**.

O sangue é constituído por uma parte líquida e uma parte sólida. A **parte líquida** chama-se **plasma** e é constituída predominantemente por **água**, **sais minerais** e **substâncias orgânicas** dissolvidas (como proteínas, aminoácidos, lípidos e hidratos de carbono). A **parte sólida** é constituída pelas **células sanguíneas** chamadas **elementos figurados**. Fazem parte dessas células sanguíneas os **glóbulos vermelhos** (ou **hemácias** ou **eritrócitos**), os **glóbulos brancos** (ou **leucócitos**) e as **plaquetas sanguíneas** (ou **trombócitos**).

### Funções dos constituintes do sangue

No **plasma sanguíneo**, a água é responsável por 92% do seu peso sendo o restante devido à presença de substâncias orgânicas, sais minerais e substâncias diversas, tais como gases, excreções e hormonas. Um grupo importante das proteínas do plasma são os **anticorpos**, substâncias que protegem o organismo dos agentes infecciosos.

As **hemácias** são células especializadas no transporte de oxigénio. A hemácia humana é um disco bicôncavo com 7 a 8 µm de diâmetro, e 1 a 2 µm de espessura. Há cerca de 5 milhões de hemácias por milímetro cúbico de sangue num homem e 4,5 milhões por milímetro cúbico de sangue numa mulher.



As hemácias são produzidas no interior dos ossos a partir das células da medula óssea vermelha denominada **eritroblastos**. À medida que amadurecem os eritroblastos produzem **hemoglobina**, proteína de cor vermelha que contém ferro. A hemoglobina forma um composto instável com o oxigénio. Essa propriedade garante uma pronta combinação com o oxigénio nos órgãos respiratórios e fácil libertação desse gás nos tecidos.



### Ficha Informativa

Os habitantes de regiões altas têm mais hemoglobina que as pessoas que vivem ao nível do mar. Em altitudes superiores a 3 000 m, a concentração média de hemoglobina é de 16 a 18 g/100 ml cardíaca e o volume-minuto respiratório também são mais elevados.

Quando atletas disputam competições em locais de grande altitude costumam queixar-se de cansaço e dor de cabeça. Em grandes altitudes a oferta de oxigénio é menor que ao nível do mar.

Se os atletas passarem duas ou três semanas em locais de altitude elevada, a baixa saturação de oxigénio no sangue fará com que os rins produzam uma secreção (uma hormona) que estimula a medula óssea vermelha a produzir mais hemoglobina e mais hemácias. O aumento da quantidade dessas células e da hemoglobina eleva a capacidade de captação de oxigénio.

Na difusão dos gases respiratórios, o factor que determina a direcção e a intensidade dessa difusão é a **pressão parcial** de cada um dos gases, isto é, o valor da pressão exercida por esse gás em relação aos restantes gases presentes.

Assim, como nos alvéolos pulmonares a pressão parcial de oxigénio é maior que no sangue, este gás difunde-se dos alvéolos pulmonares para o interior dos capilares. No caso do dióxido de carbono, a pressão parcial deste gás é maior no sangue do que nos alvéolos, dando-se uma difusão em sentido contrário.

Nos tecidos, e como resultado do metabolismo celular, a pressão parcial do oxigénio é menor nas células do que no sangue que a elas chega, ao passo que a pressão parcial do dióxido de carbono é menor no sangue do que nas células. Como resultado, o oxigénio difunde-se dos capilares para as células fazendo o dióxido de carbono um percurso inverso.

O dióxido de carbono é o resíduo metabólico libertado em maior quantidade pelas células. Solúvel em água, reage com ela e forma ácido carbónico, que em seguida, se ioniza. A reacção é catalisada por uma enzima presente no interior das hemácias.



As reacções apresentadas são reversíveis e a direcção que tomam depende, como já foi descrito, da pressão parcial.

Nos tecidos, a libertação de dióxido de carbono pelas células mantém alta concentração desse gás no sangue, deslocando o equilíbrio da reacção para a direita. No ar alveolar ou na água que banha às brânquias, a concentração de dióxido de carbono é baixa. Quando o sangue chega aos órgãos respiratórios, o equilíbrio é deslocado para a esquerda e forma-se o dióxido de carbono, libertado para o ar.

Nos vertebrados, o plasma transporta cerca de 70% de dióxido de carbono; a hemoglobina conduz aproximadamente 25%, como carbamino hemoglobina ( $\text{HbCO}_2$ ). Uma pouquíssima quantidade (cerca de 5%) permanece dissolvida no plasma.

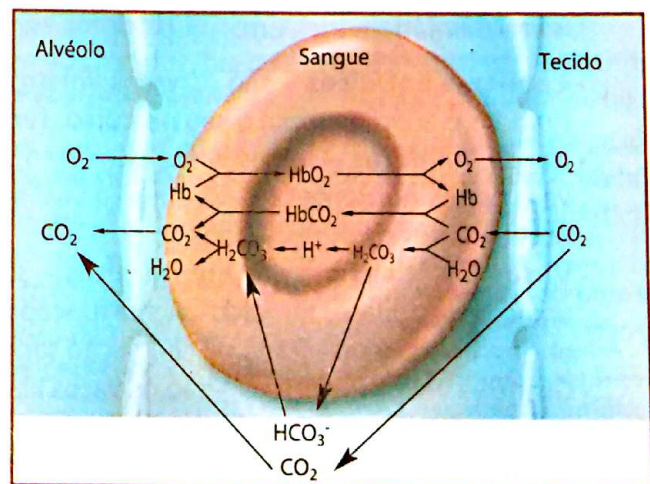


Fig. 49 O oxigénio é transportado ligado à hemoglobina; o dióxido de carbono é transportado no plasma (como bicarbonato ou dissolvido) ou ligado à hemoglobina.



## Sistema linfático

Os vertebrados, além do sistema circulatório sanguíneo, possuem ainda um sistema linfático.

### Funções do sistema linfático

As principais funções do sistema linfático são:

- **Recolher e fazer retornar o fluido intersticial** ao sangue.
- **Absorver lipídios e vitaminas** lipossolúveis ao nível do tubo digestivo.
- **Contribuir para a defesa do organismo** através de mecanismos imunitários.
- **Transportar partículas estranhas** ao organismo até aos gânglios, onde são destruídas.

### Constituição do sistema linfático

O sistema linfático é constituído por **vasos linfáticos** e por **órgãos linfóides**.

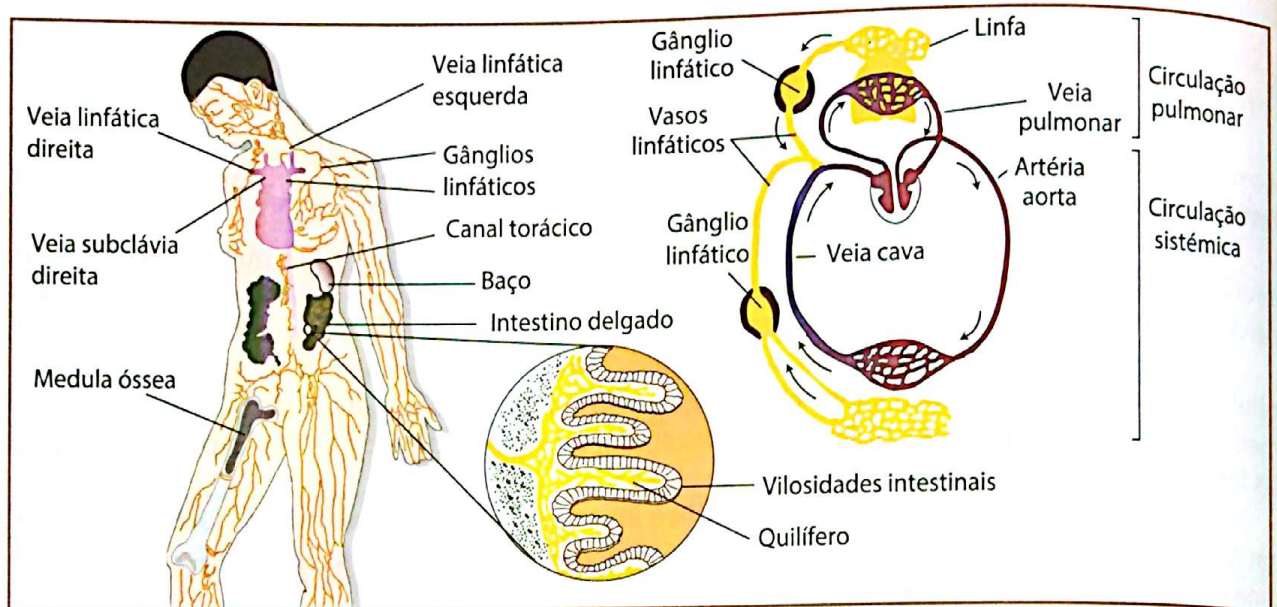


Fig. 50 Sistema linfático humano

Os vasos linfáticos incluem:

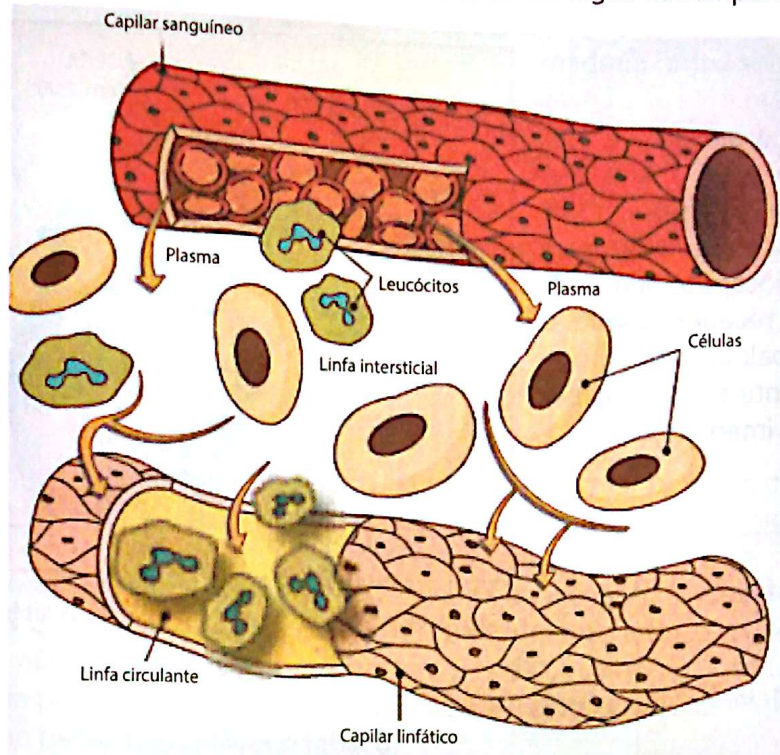
- **Capilares linfáticos** – são os vasos linfáticos mais finos que se localizam junto aos capilares sanguíneos e acompanham o seu percurso. Têm a função de recolher a linfa intersticial.
- **Vasos quilíferos** – são os vasos que estão situados nas vilosidades intestinais. São eles que absorvem certos nutrientes que seguem a via linfática, nomeadamente as vitaminas e os ácidos gordos provenientes da digestão dos lípidos.
- **Vasos linfáticos propriamente ditos** – são os vasos linfáticos de maior calibre, resultantes da união dos capilares linfáticos. A sua função é transportar a linfa até às veias do sistema circulatório, onde a linfa é reintegrada na circulação sanguínea.
- **Grandes vasos linfáticos** – são os vasos linfáticos ligados ao aparelho circulatório. É através destes vasos linfáticos que a linfa volta a fazer parte do sangue. Existem dois grandes vasos linfáticos: a **grande veia linfática**, resultante da união dos vasos linfáticos situados do lado direito da cabeça, do pescoço, do tórax e do braço direito, transportando a linfa destas zonas para o sistema circulatório e o **canal torácico** que resulta da união dos vasos linfáticos das zonas inferiores e das partes do lado esquerdo do corpo.



Os **órgãos linfóides** incluem a **medula óssea**, os **gânglios linfáticos**, o **baço** e o **timo**. Em certas regiões do corpo, como nas axilas, nas virilhas e no pescoço, existem no percurso dos vasos linfáticos nódulos abundantes designados **gânglios linfáticos**.

Todas as células do organismo humano encontram-se banhadas por uma substância líquida intersticial ou intercelular. Este líquido intersticial chama-se **linfa**.

A linfa é recolhida dos espaços intercelulares, onde se forma por canais muito finos, denominados **capilares linfáticos**. Os capilares linfáticos vão-se reunir formando vasos linfáticos de maior calibre que, por sua vez, transportam a linfa até à corrente sanguínea, voltando a reintegrar os componentes do sangue.



**Fig. 51** Formação da linfa

A linfa é constituída por várias substâncias, tais como: água, substâncias minerais, hidratos de carbono, proteínas, ureia e gases dissolvidos como oxigénio e dióxido de carbono. Portanto, a composição da linfa é muito semelhante à do plasma sanguíneo. As células da linfa são os glóbulos brancos.

Como aprendeu, a linfa nem sempre circula em vasos, também se encontra entre as células.

A linfa intersticial ocupa os espaços entre as células dos tecidos. Ela chega a este local atravessando as finas paredes dos capilares sanguíneos graças à sua permeabilidade. O volume da linfa intersticial à volta das células vai aumentando gradualmente e, a partir de uma certa altura, a linfa é recolhida pelos capilares linfáticos que também são permeáveis. Os capilares linfáticos reúnem-se, formando as veias linfáticas por onde a linfa, neste momento chamada **linfa circulante**, continua a circular. As veias linfáticas possuem válvulas tal como as veias sanguíneas.

A linfa da parte superior direita do corpo humano é conduzida pela grande veia linfática que, ao unir-se à veia linfática direita que acompanha os vasos sanguíneos, permite que a linfa se junte ao sangue venoso que se dirige ao coração. A linfa proveniente das restantes partes do corpo (parte inferior esquerda da parte superior) é conduzida através do canal torácico até às veias subclávias. Desta forma, o sistema linfático permite a reintegração do plasma e dos glóbulos brancos, que se encontram fora dos vasos sanguíneos, de novo na corrente sanguínea.

Ao nível do intestino delgado e em cada vilosidade intestinal existem capilares linfáticos, os **quilíferos**, para onde são absorvidos os lípidos, os quais são transportados depois pela linfa através do sistema linfático até à corrente sanguínea.



## Doenças do sistema circulatório

Frequentemente, sofre-se de doenças que afectam os órgãos do sistema circulatório sanguíneo. Dessas doenças as mais comuns são:

- O enfarte do miocárdio
- A arteriosclerose
- A hiper ou a hipotensão
- A trombose

O **enfarte do miocárdio**, também chamado **ataque cardíaco**, ocorre quando uma das ramificações das artérias que irrigam o coração, designadas por artérias coronárias, é entupida por um trombo fazendo com que algumas zonas do coração (miocárdio) não recebam sangue. Ao não receber sangue, o coração deixa de trabalhar, o que pode levar à morte do doente se não receber cuidados hospitalares imediatos.

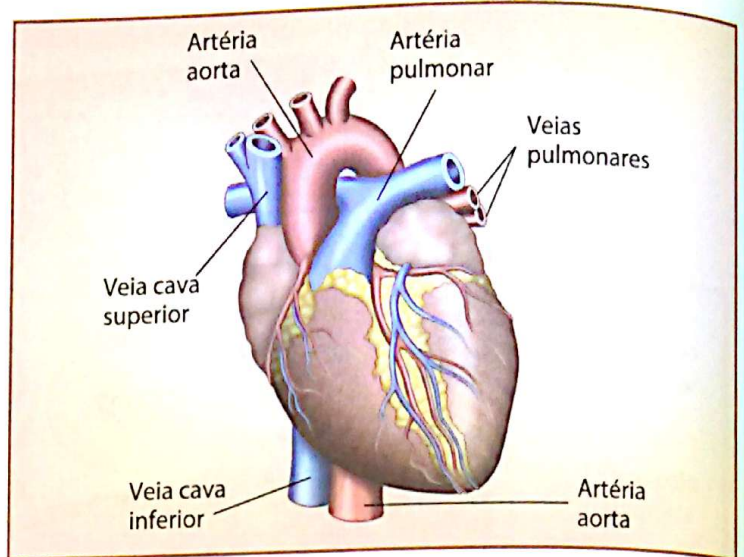
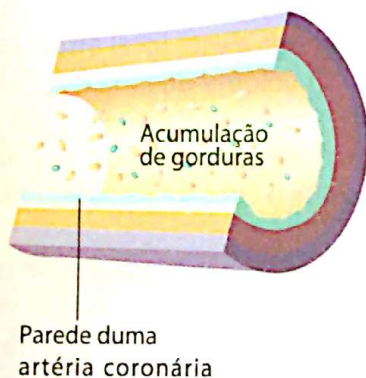
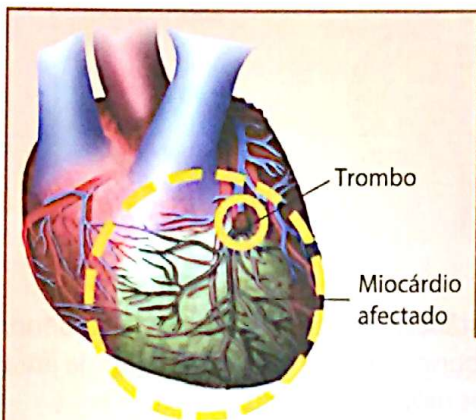


Fig. 52 Aspecto externo do coração com as artérias coronárias





A **aterosclerose** é uma doença que consiste na diminuição de espaço interior da artéria, causada pela acumulação de gorduras na sua camada interior. Como o espaço no interior da artéria se torna reduzido, a circulação do sangue também fica limitada. Sendo assim, a artéria não pode deixar passar o volume normal de sangue. Isto faz com que o sangue tenha de fazer mais pressão contra as paredes das artérias para poder circular. Para evitar a acumulação de gordura nas paredes das artérias, deve-se ter o cuidado de reduzir o consumo de gorduras na alimentação.

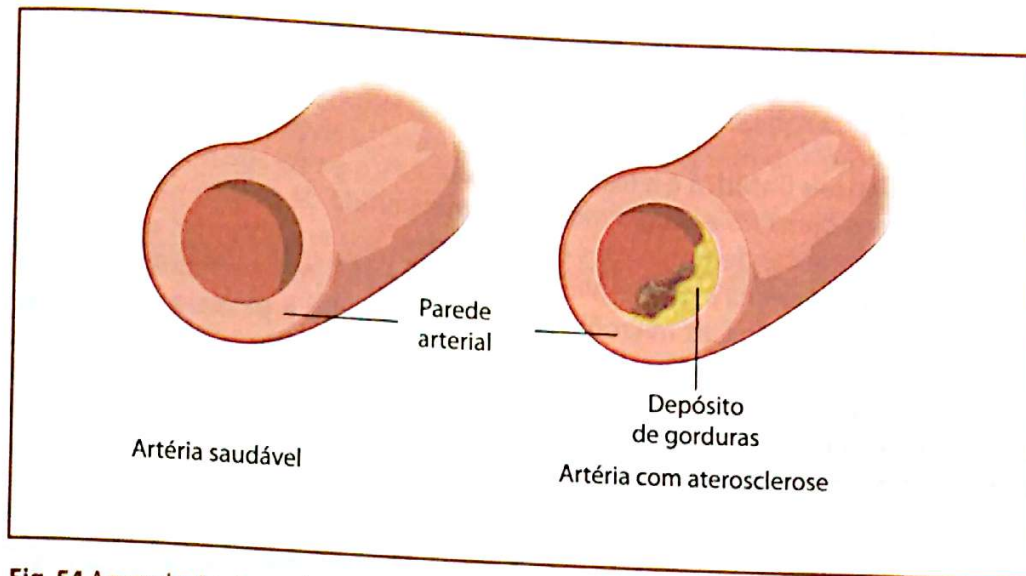


Fig. 54 Acumulação da gordura na parede interna de artéria que provoca aterosclerose.

A **hipertensão** ou **tensão arterial elevada** resulta da elevação da pressão sanguínea exercida na parede das artérias que geralmente se encontram parcialmente entupidas por gorduras ou coágulos. Como esta doença não apresenta sinais visíveis torna-se difícil determinar se um indivíduo sofre ou não de hipertensão. Para prevenir a hipertensão aconselha-se a evitar consumir alimentos com excesso de sal e estimulantes como bebidas alcoólicas e tabaco.

A **hipotensão** é a situação de pressão arterial abaixo do normal. A hipotensão pode ser uma manifestação de enfermidades graves, no entanto, em alguns casos a mesma pode não significar uma doença; somente um médico pode responder essas questões.

Os principais sintomas da hipotensão são: tontura, mal-estar, palidez, sensação de cansaço, escurecimento da visão, enjoo, etc. A redução do fluxo sanguíneo leva à deficiência de sangue no cérebro, dessa forma, a pessoa pode desmaiar. Quando a situação de pressão baixa é mais grave, é denominada **choque**. Nesse caso, podem ocorrer manifestações muito sérias, podendo até mesmo causar a morte.

Há várias causas que originam a hipotensão. Uma delas, que é mais comum, é o calor, que faz com que as artérias sejam dilatadas, facilitando a circulação do sangue e diminuindo a pressão. Mudanças bruscas de posição também provocam uma diminuição instantânea da oxigenação do cérebro e também resultam na diminuição da pressão arterial. As situações mais graves, ou seja, os choques, podem ser causados por hemorragias externas, envenenamentos, intoxicações, desidratações, reacções alérgicas, entre outros factores. A recomendação dada em casos de hipotensão é procurar orientação médica, principalmente se esses sintomas forem frequentes.

A **trombose** é um entupimento parcial dum vaso sanguíneo de qualquer órgão causado por um coágulo sanguíneo circulante (**trombo**) ou seja, um coágulo que vai sendo transportado pela corrente sanguínea. Ao ser transportado pela corrente sanguínea, este coágulo pode obstruir parcialmente qualquer vaso sanguíneo causando uma circulação deficiente do sangue. Esta circulação deficiente pode ser bastante grave se o bloqueio impedir que órgãos vitais não recebam continuamente o oxigénio e outras



substâncias de que necessitam para funcionar de forma saudável. O trombo pode causar uma hemorragia, quando se dá o rompimento do vaso sanguíneo bloqueado. O bloqueamento total dum vaso sanguíneo por um trombo, que pode causar hemorragia, é chamado **embolia**. O bloqueio total do vaso sanguíneo impede que o oxigénio chegue na sua totalidade ao órgão. Neste caso, o órgão pode deixar imediatamente de funcionar causando a morte.

O sistema circulatório linfático também pode ser afectado pelas doenças, tais como:

- **Elefantíase**
- **Edema linfático**

A **elefantíase** ou **filariose linfática** é a filariose mais comum e é causada principalmente pelos nemátodos de espécies *Wuchereria bancrofti* e *Brugia malayi* e é transmitida de pessoa para pessoa por picadas de mosquitos. As larvas do parasita, denominadas **microfilárias**, são encontradas no sangue de indivíduos infectados e são ingeridas por animais que se alimentam de sangue (hematófagos). Depois de passar parte do ciclo vital dentro destes insectos, as microfilárias são transmitidas a pessoas saudáveis através de picadas durante uma nova ingestão de sangue. As microfilárias alojam-se nos vasos linfáticos, sobretudo nos braços e pernas onde, depois de alguns meses, atingirão a maturidade sexual. Quando adultas, as filárias fêmeas (**macrofilárias**) podem viver entre 5 e 10 anos em seu hospedeiro e reproduzem-se gerando milhares de larvas, as quais passam novamente à circulação sanguínea.



**Fig. 55** A forma mais frequente de elefantíase é a das pernas.

O **edema** é o acúmulo anormal de líquido no espaço intersticial. Ele é constituído por uma solução aquosa de sais e proteínas do plasma cuja composição exacta varia com a causa do edema. Quando o líquido se acumula em todo o corpo, o **edema** é generalizado. Quando ocorre em locais determinados o edema é localizado como, por exemplo, o edema nas pernas de pessoas com varizes. O edema comum e o linfedema são os tipos mais frequentes. O edema comum é composto de água e sal, quase sempre é generalizado. O linfedema é o edema cuja formação deve-se ao acúmulo de linfa. Ele ocorre nos casos em que os canais linfáticos estão obstruídos ou foram destruídos. O esvaziamento ganglionar facilita o surgimento do edema no braço. Outro exemplo de linfedema é a **elefantíase** que se acompanha de grande deformação dos membros inferiores. Clinicamente, o edema pode ser um sinal de doença cardíaca, hepática, renal, desnutrição grave, obstrução venosa e linfática.



# Sistemas de excreção

## Funções do sistema excretor

Apesar das variações do ambiente – temperatura, composição química, pH etc., os animais têm a capacidade de manter a estabilidade do meio interno. Essa capacidade é designada **homeostase**. De entre os mecanismos envolvidos na manutenção da homeostase podem destacar-se:

- A **osmorregulação** – conjunto de mecanismos pelos quais são controladas as concentrações de sais e de água e, portanto, os valores da pressão osmótica dos fluidos corporais.
- A **excreção** – função através da qual os organismos se libertam dos produtos resultantes do catabolismo, muitos dos quais tóxicos e prejudiciais.

## Formas de manutenção do equilíbrio osmótico de água

Como já é do seu conhecimento, as células vivas estão sujeitas a sofrer osmose, um processo físico que as leva a perder ou ganhar água. Ao longo do processo evolutivo, os animais desenvolveram diversos mecanismos para regular o processo osmótico. Esses mecanismos constituem o que se denomina **osmorregulação**.

Os animais que vivem num ambiente marinho têm fluidos corporais menos concentrados que o meio. Por isso eles estão continuamente a perder água para o meio devido à osmose. Para compensar essa perda, os peixes ósseos marinhos bebem água salgada e são capazes de eliminar o excesso de sal ingerido através da superfície das brânquias. Aves marinhas, como as gaivotas, possuem glândulas nasais especializadas em eliminar excessos de sais no corpo. Mamíferos marinhos, como os golfinhos e baleias, apesar de não beber água salgada, ingerem sempre um pouco de água do mar junto com os alimentos. O equilíbrio osmótico desses animais é conseguido por meio de eliminação de sais pelos rins através da urina.

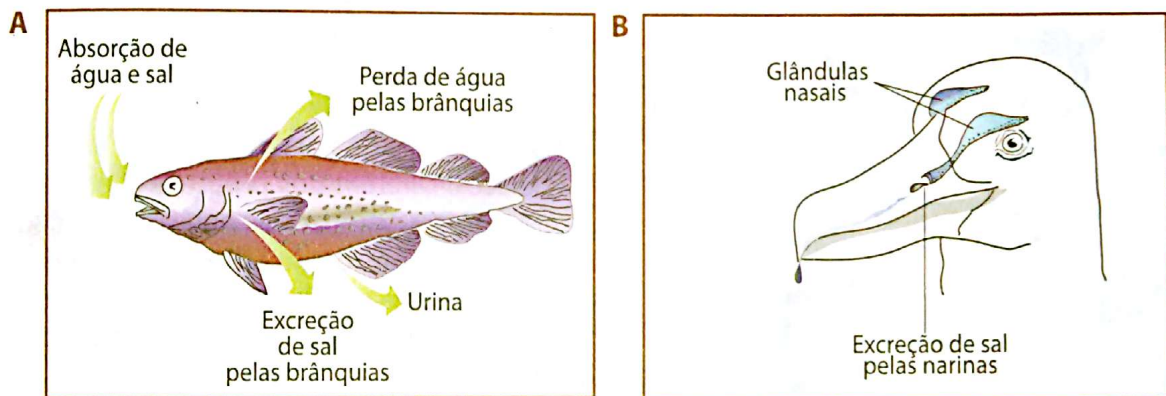


Fig. 56 Osmorregulação nos peixes (A) e aves marinhas (B)

Os animais de água doce têm problema osmótico inverso ao dos animais de água salgada. As células e líquidos internos dos animais de água doce são hipertônicos em relação ao meio, de modo que estão sempre absorvendo água por osmose.

Os peixes de água doce têm de eliminar grande quantidade de água na urina, e com isso, perdem sais importantes. Essa perda salina é compensada pela absorção activa de sais através do epitélio que reveste as brânquias.

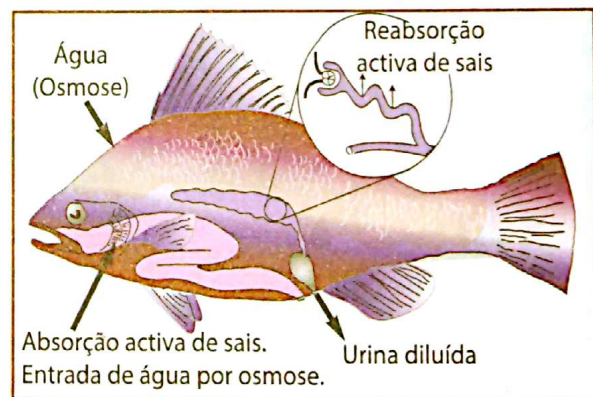


Fig. 57 Absorção e excreção de água e sais num peixe de água doce



No ambiente terrestre, os animais têm de ingerir água bebendo-a ou comendo alimentos aquosos. Têm, também, de evitar a perda de água por dessecação desenvolvendo camadas impermeáveis, tais como a concha dos moluscos terrestres, o exoesqueleto dos insectos ou a camada de queratina da epiderme dos vertebrados terrestres.

Para os vertebrados terrestres, a osmorregulação consiste em ingerir água e sais em quantidades suficientes evitando que essas substâncias falem ou se acumulem no sangue. Os rins são os principais órgãos encarregados de manter o sangue na tonicidade adequada através da eliminação dos excessos de água, sais e outras substâncias osmoticamente activas na urina.

## Comparação dos órgãos excretores

Animais que fazem parte das esponjas e celenterados não possuem órgãos excretores. As células do corpo desses animais eliminam as excreções directamente na água circundante.

Em diversos invertebrados existem tubos simples ou ramificados que se abrem para o exterior do corpo por intermédio de poros excretores. Esses órgãos são os chamados **órgãos nefrídios** que podem ser de dois tipos: **protonefrídios** e **metanefrídios**.

Os **protonefrídios** estão presentes nos platelmintos. São compostos por diversos tubos ramificados, ligados a células especializadas denominadas **células-flama**. Essas células removem água e excreções dos espaços entre as células e lançam essas substâncias nos tubos com os quais comunicam. O batimento de um conjunto de cílios presente nas células-flama impulsiona as excreções até aos poros excretores que se abrem na superfície do corpo.

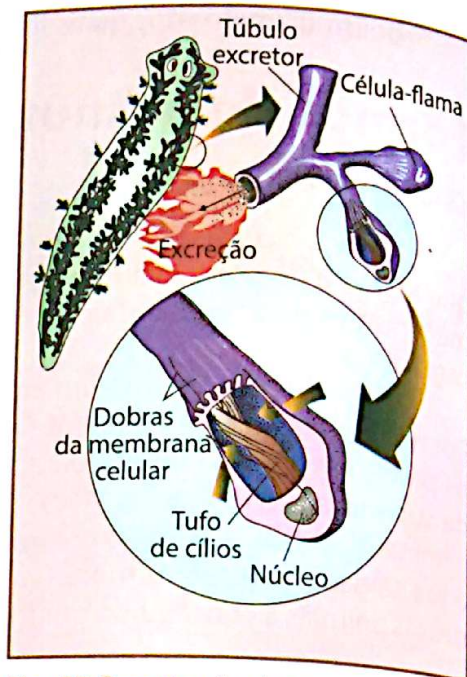


Fig. 58 Organização dos protonefrídios nos platelmintos

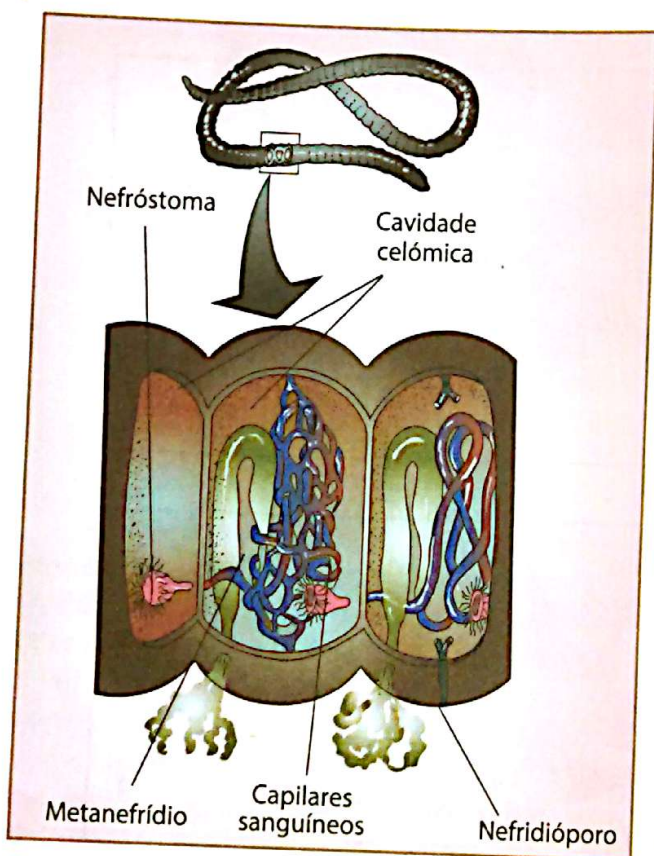


Fig. 59 Organização de um metanefrídio presente nos anelídeos

Os **metanefrídios** estão presentes em anelídeos e em moluscos. Diferem dos protonefrídios basicamente por serem tubos abertos nas duas extremidades. Uma das aberturas, o **nefróstoma**, tem a forma de um funil ciliado e abre-se na cavidade celômica. A outra abertura é o **nefrídoporo** ou **poro exterior** localizado na superfície do corpo.

O nefróstoma absorve fluido presente na cavidade celômica conduzindo-o através do tubo que constitui o metanefrídio. Esse tubo é cercado por uma rede de capilares sanguíneos que reabsorvem substâncias úteis. Certas excreções do sangue, por sua vez, passam dos capilares para o tubo do metanefrídio.

À medida que o fluido percorre o metanefrídio, sua composição altera-se: água e substâncias úteis, como glicose e sais minerais, são reabsorvidas, enquanto excreções nitrogenadas e substâncias em excesso concentram-se progressivamente.



Os **túbulos de Malpighi** são os órgãos excretores dos insectos e de alguns outros artrópodes. São estruturas que se desenvolvem na porção posterior do corpo. A extremidade livre dos túbulos de Malpighi é fechada e está mergulhada na cavidade do corpo banhada pelo sangue, dando-se a filtração através da parede do tubo. O filtrado é conduzido para o recto onde são reabsorvidas para o sangue grandes quantidades de água, bem como alguns sais minerais. O ácido úrico e outras substâncias são eliminados como uma pasta semi-seca juntamente com as fezes.

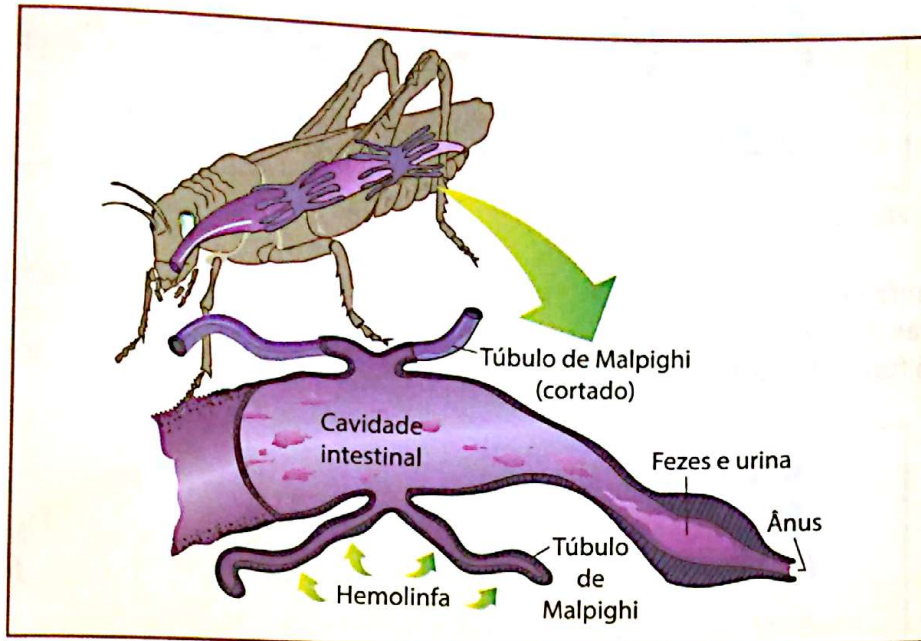


Fig. 60 A excreção nos insectos é feita por meio de túbulos de Malpighi.

Os **rins** são os órgãos excretores dos vertebrados. Cada rim é formado por milhares de unidades filtradoras, os **nefrónios**. O tipo de nefrónio e a localização dos rins variam nos diferentes grupos de vertebrados.

Há três tipos básicos de rins: **pronefro**, **mesonefro** e **metanefro**.

O **rim pronefro** localiza-se na região anterior do corpo, sendo também chamado **rim cefálico**. Esse tipo de rim é formado por néfrons tubulares dotados de um funil ciliado que se abre na cavidade celômica. As excreções retiradas do fluido celômico são lançadas em ductos excretores que os levam para fora do corpo.

O rim pronefro aparece na fase embrionária de todos os vertebrados, desaparecendo em seguida.

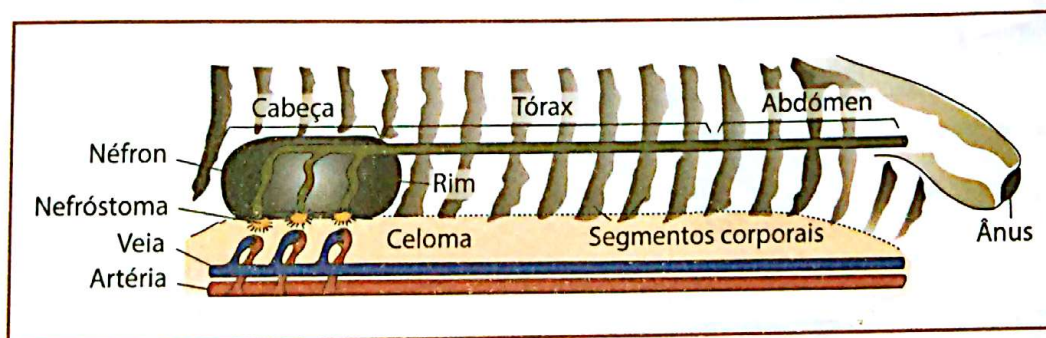


Fig. 61 Rim pronefro

O **rim mesonefro** localiza-se na região torácica sendo também chamado **rim torácico**. Ele é formado por néfrons tubulares, dotados de um funil ciliado, que remove excreções do celoma, e de uma cápsula



# UNIDADE 3

filtradora (**cápsula de Bowman**) que remove excreções directamente do sangue. O rim mesonefro é o órgão de excreção dos peixes e dos anfíbios adultos. Está presente na fase embrionária dos répteis, aves e mamíferos, desaparecendo na fase adulta.

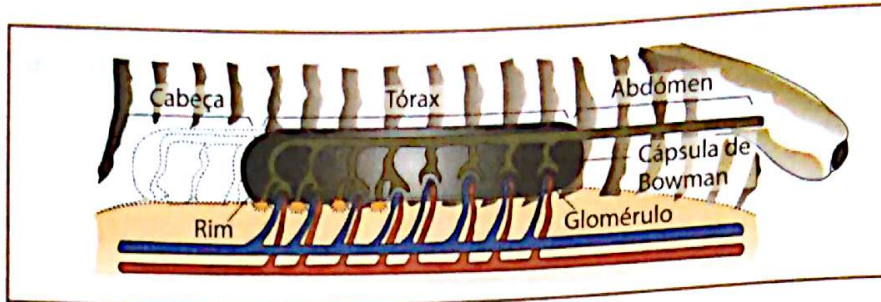


Fig. 62 Rim mesonefro

O **rim metanefro** localiza-se no abdómen, sendo também chamado **rim abdominal**. É formado por unidades filtradoras dotadas de uma cápsula (cápsula de Bowman) que retira as excreções directamente do sangue; não há funil ciliado. É o órgão de excreção de répteis, aves e mamíferos adultos.

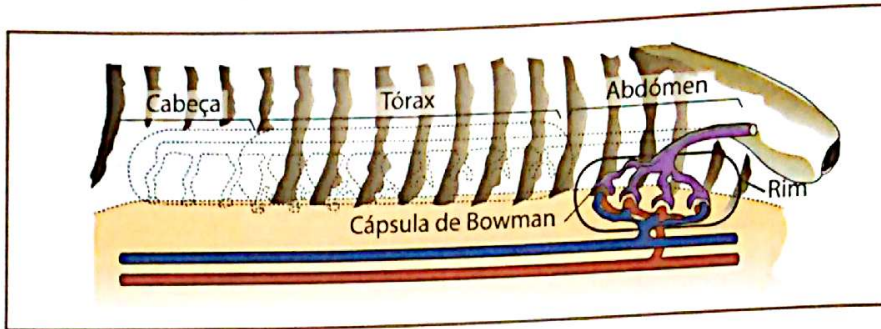


Fig. 63 Rim metanefro

## Excreções de substâncias azotadas

As substâncias azotadas excretadas pelos animais são denominadas **excreções**. Fazem parte dessas substâncias nitrogenadas a **amónia**, a **ureia** e o **ácido úrico**.




	Animais	Resíduos azotados
Animais aquáticos	 Peixes	Amónia
Animais terrestres	 Aves    Insetos    Répteis	Ácido úrico
	 Mamíferos    Alguns anfíbios	Ureia

Fig. 64 Principais excreções azotadas

Do metabolismo dos aminoácidos resulta sobretudo amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), que reage com água formando amónia ( $\text{NH}_4^+$ ).



A excreção de amónia apresenta vantagens, tais como: o trabalho metabólico e o gasto energético são pequenos; a amónia atravessa rapidamente as membranas, sendo eliminada com grande facilidade. A amónia é muito tóxica e a sua excreção exige grande quantidade de água. A maioria dos animais aquáticos excreta rapidamente a amónia pelas brânquias, pelos rins e pela superfície do corpo.



Para os animais terrestres a perda de grande quantidade de água poderia tornar-se perigosa. Nos répteis, aves e insectos, a solução apresentada consiste na conversão da amónia num produto menos tóxico e menos solúvel – o **ácido úrico**. Nos mamíferos e em alguns anfíbios, a partir da amónia é também produzida **ureia**. A ureia e o ácido úrico são, mais tarde, removidos dos rins e eliminados na urina.

## Estrutura e funcionamento do rim humano

Os rins fazem parte do sistema urinário que, por sua vez, é constituído por um par de **rins**, um par de **uréteres**, pela **bexiga** e pela **uretra**.  
Os **rins** têm cor vermelho-escura, forma de feijão e cada um mede pouco mais de 10 cm. Eles localizam-se na parte posterior do abdómen, logo abaixo do diafragma, um de cada lado da coluna vertebral.

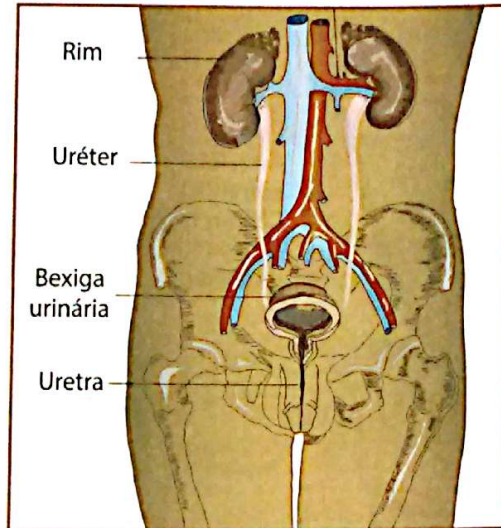


Fig. 65 Constituição do sistema urinário humano

Num corte longitudinal, o rim apresenta internamente várias zonas: a **cápsula renal**, a **zona cortical (córtex)**, a **zona medular (medula)** e o **bacinete**.

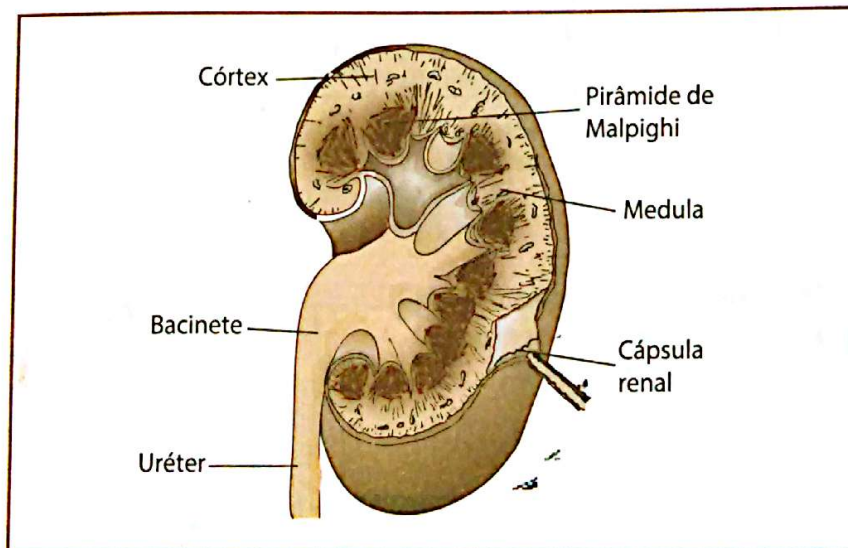


Fig. 66 Aspecto interno de um rim em corte longitudinal

Na zona cortical encontram-se os **nefrónios**, estruturas responsáveis pela filtração do sangue e remoção das excreções. Cada rim apresenta mais de um milhão de nefrónios. Na região da medula localizam-se os tubos colectores de urina.



O **nefrónio** é considerado uma unidade estrutural e funcional do rim dos mamíferos, incluindo o ser humano. É constituído por uma porção tubular – **tubo urinífero**, e formações vasculares das quais se destaca um glomérulo de capilares sanguíneos – **Glomérulo de Malpighi**. O nefrónio é uma longa estrutura tubular que possui, numa das extremidades, uma expansão em forma de taça ou funil, denominada **Cápsula de Bowman**. Esta conecta-se com o **tubo proximal**, que continua pela **Ansa de Henle** e pelo **tubo distal**. Este desemboca num **tubo colector** que, por sua vez, abre no **bacinete**.

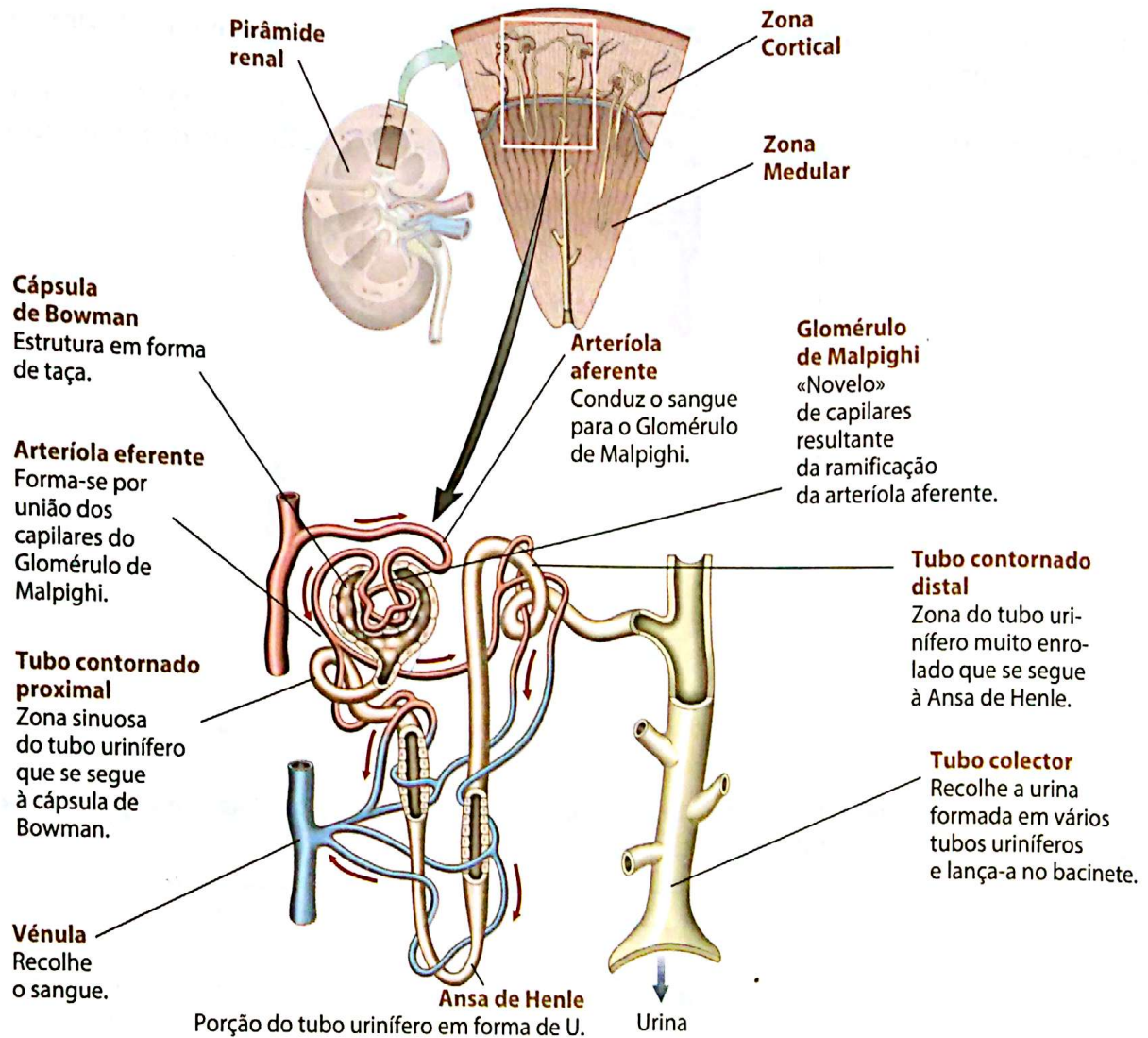


Fig. 67 Constituição de um nefrónio

Existem diferentes fases da formação da urina, nomeadamente: **filtração**, **reabsorção** e **secreção**.

A etapa da filtração acontece no Glomérulo de Malpighi. Sob pressão elevada, as paredes dos capilares sanguíneos filtram cerca de 20% do fluido do plasma sanguíneo, recolhido pelas Cápsulas de Bowman. Essas substâncias são água, ureia, glicose, aminoácidos, sais minerais e diversas outras moléculas de pequeno tamanho. As proteínas, pelo grande peso molecular, não são filtradas. A sua presença na urina, portanto, é indício de certas doenças do rim.

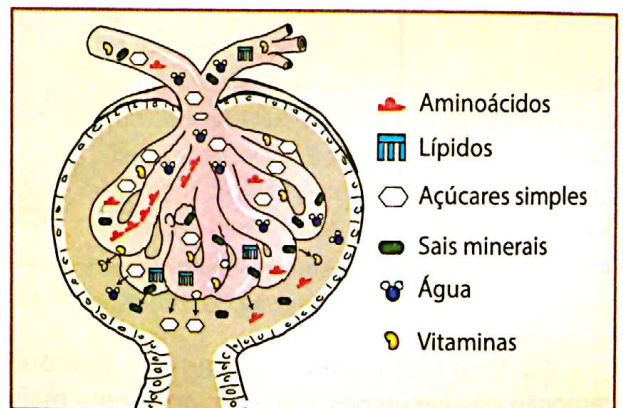


Fig. 68 Esquema simplificado da filtração glomerular



A **filtração** é um processo pouco selectivo. Muitas substâncias importantes para o metabolismo (como glicose, aminoácidos, vitaminas, etc.) são filtradas. Daí que seja necessário serem reabsorvidas. A **reabsorção** das substâncias, como glicose, aminoácidos e iões de certos sais minerais, decorre por **transporte activo**, com gasto energético. Outras substâncias, tais como a água, são arrastadas **passivamente** por **osmose**.

As substâncias reabsorvidas entram de novo na circulação sanguínea através dos capilares que envolvem os tubos uriníferos. O processo de reabsorção decorre ao nível da região do tubo proximal e da Ansa de Henle.

A **secreção** é a capacidade de segregar substâncias, ou seja, de retirar substâncias directamente do sangue para serem expelidas. Este processo decorre na parte final do tubo urinífero. A ureia, por não ser reabsorvida pelas paredes do nefrónio, é o principal constituinte da urina.

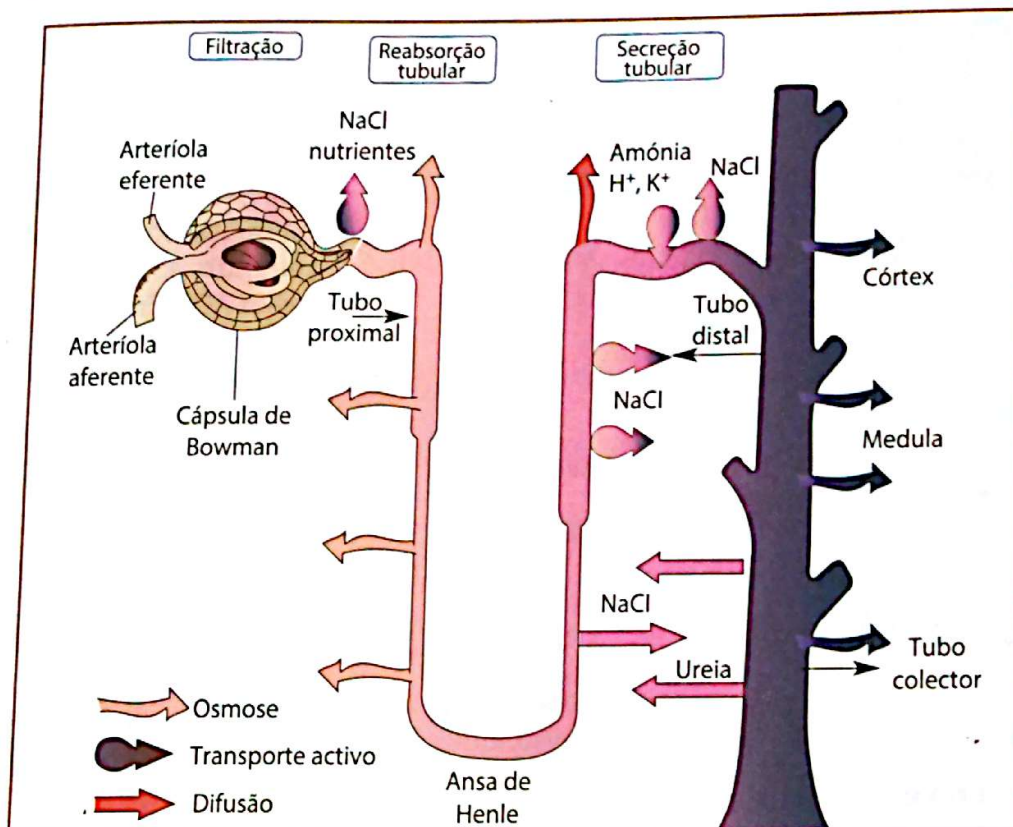


Fig. 69 Formação da urina ao longo do nefrónio

Em cada fase de formação da urina pode-se fazer uma análise química do líquido, cujo resultado se apresenta no quadro que se segue:

**Quadro 7:** Composição química do líquido urinário ao longo da sua formação

Alguns constituintes	Concentração no plasma sanguíneo (g/l)	Concentração no filtrado glomerular (g/l)	Concentração na urina (g/l)
Glicose	1	1	0
Proteínas	70	0	0
Lípidos	5	0	0
Iões de sódio	3,3	3,3	3 a 6
Iões de cloro	3,65	3,65	6
Ureia	0,3	0,3	12 a 30



## Regulação da reabsorção de água

A reabsorção de água pelos rins está sob controlo da hormona **antidiurética** (ADH). Essa hormona é sintetizada no hipotálamo e libertada pela parte posterior da hipófise. A ADH actua sobre os túbulos renais, provocando um aumento da reabsorção de água do filtrado glomerular.

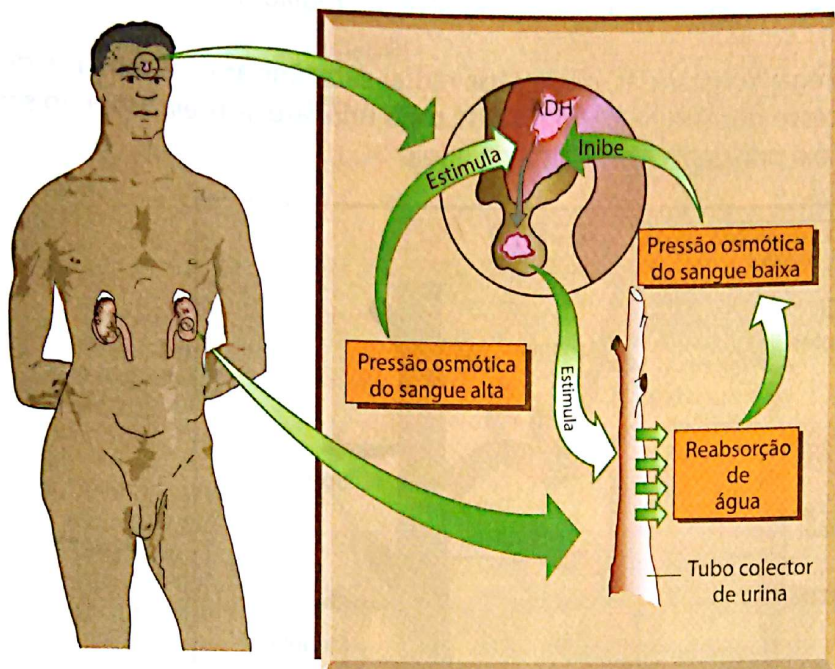


Fig. 70 Controlo hormonal de reabsorção de água

Quando bebemos pouca água, o corpo desidrata-se e a tonicidade do sangue aumenta. Certas células do encéfalo percebem a mudança e estimulam a hipófise para libertar ADH. Como consequência, há maior reabsorção de água pelos túbulos renais. A urina torna-se mais concentrada e a quantidade de água eliminada diminui.

A ingestão de grandes quantidades de água tem efeito inverso. A tonicidade do sangue diminui, estimulando a hipófise de libertar menos ADH. Em consequência disso, é produzido maior volume de urina mais diluída.

## Doenças do sistema excretor

Existem diversas doenças que afectam especialmente o sistema urinário que faz parte do sistema excretor. De entre estas distinguem-se:

- A **infecção urinária**
- A «**gota**»
- A **incontinência urinária**
- Os **cálculos renais**

Os sintomas que revelam uma **infecção urinária** são dores ao urinar, a necessidade de urinar mais vezes, sangue na urina e dor no baixo-ventre. Quando se suspeita esta doença deve-se ir ao hospital para fazer exames especiais. No entanto, a ingestão de 1 a 2 l de água por dia ajuda a combater as infecções urinárias.

A «**gota**» é uma doença renal provocada pela acumulação de cristais de ácido úrico nas articulações. Esta doença provoca uma dor intensa, geralmente no dedo polegar do pé, porém, também pode afectar outras articulações, como o tornozelo, calcanhar, joelho e ombro. Acredita-se que esta doença esteja ligada a defeitos no metabolismo das purinas, compostos orgânicos encontrados em determinados alimentos, tais como sardinhas, vitela, fígado, vísceras de animais, álcool e, especialmente, a cerveja. Para diminuir o nível de ácido úrico deve limitar-se ou evitar-se a ingestão de alimentos ricos em purinas.



Fig. 71 Para o bom funcionamento do sistema urinário, deve-se ingerir água regularmente.



A **incontinência urinária** é uma doença caracterizada pela perda involuntária de urina. Existem, basicamente, dois tipos de problemas no controlo urinário. A maioria dos problemas da bexiga ocorre quando os músculos estão muito fracos ou muito activos:

- Bexiga hiperactiva ocorre quando existem pequenos danos nos nervos que controlam os músculos da bexiga. Caracteriza-se pela necessidade urgente de ir à casa de banho, mesmo quando a bexiga contém pouca quantidade de urina (os homens com esses sintomas podem sofrer de aumento do tamanho da próstata).
- Incontinência devido à pressão que ocorre quando os músculos que envolvem a uretra evitam que a urina escape. Quando se tornam fracos, um ligeiro *stress* pode ocasionar a perda involuntária da urina. Nas mulheres, esse tipo de incontinência ocorre frequentemente após a gravidez ou menopausa.

Os **cálculos renais**, vulgarmente conhecidos por «**pedras no rim**», resultam do depósito e acumulação de substâncias minerais no rim. Estes depósitos podem ser causados devido à deformação da estrutura do rim, por exemplo, ou ainda devido ao excesso de proteínas na dieta alimentar, ao consumo de pouca água e ao excesso de medicamentos. As dimensões dos cálculos renais são variáveis e, por isso, podem entupir as vias urinárias. Na sua deslocação pelos ureteres e bexiga as pedras podem destruir os tecidos provocando lesões nos órgãos do sistema urinário. Esta deslocação dos cálculos provoca dores intensas na região dos rins. O consumo de bebidas alcoólicas pode favorecer o aparecimento de cálculos renais.

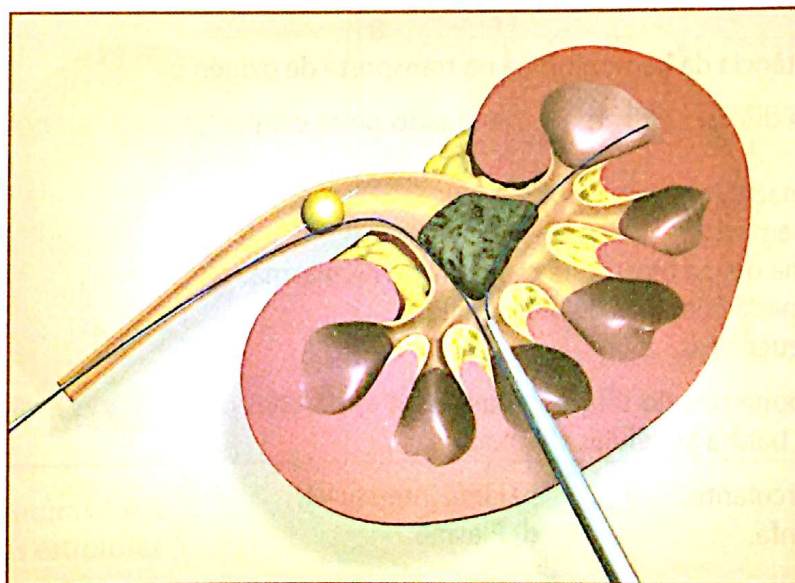


Fig. 72 Cálculos renais





- d) Mencione uma substância que em 5 regressa ao meio interno por transporte activo e por osmose.
- e) Indique uma substância que:
- Esteja presente em 5 mas não em 12.
  - Esteja presente em 9 e esteja mais concentrada em 12.
  - Esteja presente em 12 e não esteja presente em 5.
16. Uma pessoa excreta mais ureia quando come mais:
- a) Amido.   b) Proteína.   c) Glicose.   d) Gordura.   e) Frutose.
17. Os rins, além da importante função excretora, contribuem de maneira eficiente na(o):
- Manutenção do equilíbrio endócrino.
  - Metabolismo dos hidratos de carbono.
  - Manutenção da composição sanguínea.
  - Manutenção da temperatura.
  - Metabolismo dos lípidos.
18. No ser humano, aproximadamente 99% da água do filtrado glomerular é reabsorvida, principalmente ao nível da(o):
- a) Cápsula de Bowman.                      b) Uréter.                                      e) Bexiga.  
c) Glomérulo de Malpighi.                      d) Tubo proximal.
19. Descreva a actuação da hormona antidiurética (ADH) na regulação hormonal da excreção urinária.
20. Mencione a principal diferença entre o filtrado glomerular e a urina. Justifique a sua resposta.
21. Considere as seguintes funções:
- I) Filtração.                      II) Reabsorção.                      III) Excreção.
- Os rins realizam:
- a) Apenas uma delas, qualquer que seja ela.                      b) Apenas I e II.  
c) Apenas II e III.                      d) Apenas I e III.                      e) I, II e III.
22. O sangue flui sob alta pressão para os capilares do glomérulo. Essa elevada pressão sanguínea força o fluido a sair dos capilares e ao entrar na Cápsula de Bowman. Esse processo é conhecido como filtração. Contudo, cerca de 99% de água e as substâncias que o organismo não pode perder são posteriormente reabsorvidas na passagem do filtrado pelo túbulo. Assim, o processo de filtração automaticamente assegura:
- A eliminação de todas as excreções normais do organismo, através de processos particulares a cada um deles.
  - A excreção do excesso de água e a reabsorção de substâncias úteis.
  - A remoção das excreções normais e de substâncias úteis.
  - A eliminação das substâncias estranhas ao organismo, através de mecanismos que lhe são próprios e específicos.
23. Nos túbulos do néfron há intenso transporte activo. Portanto, as células das paredes desses túbulos são ricas em:
- a) Mitocôndrias.                      b) ADN.                      c) Lisossomas.  
d) Ribossomas.                      e) Retículo endoplasmático.



## Sistemas nervosos

O organismo dos seres pluricelulares é constituído por diferentes sistemas de órgãos. Cada sistema de órgãos tem funções específicas. Estas funções têm de se processar de forma coordenada, para que os órgãos desenvolvam as suas actividades necessárias à vida. Basta que um órgão não funcione adequadamente para que todo o organismo fique afectado.

Um dos sistemas responsáveis pela coordenação de todas as funções vitais do organismo é o sistema nervoso.

## Funções de um sistema nervoso

De entre as principais funções desempenhadas pelo sistema nervoso, destacam-se as seguintes:

- **Recepção de informações** do ambiente ou do próprio corpo através de impulsos nervosos que chegam aos centros nervosos.
- **Coordenação do funcionamento dos órgãos** através da associação de informações de diferentes centros nervosos, interpretando-as.
- **Armazenamento de informações** adquiridas (memória).
- **Produção e emissão de respostas** às informações do ambiente ou do próprio corpo a partir de centros nervosos por intermédio de impulsos nervosos.
- **Garantia da homeostase**

## Comparação dos sistemas nervosos

A organização do sistema nervoso apresenta grandes variações entre os diferentes filos do Reino animal.

## Sistema nervoso em invertebrados

Os animais com sistema nervoso mais simples são os celenterados que possuem **sistema nervoso difuso**. As células nervosas deste sistema estão espalhadas homogeneamente por todo o corpo do animal e não há nenhum órgão centralizador do controlo nervoso. Um estímulo que atinja qualquer parte do animal provoca uma reacção local que se espalha progressivamente pela rede nervosa.

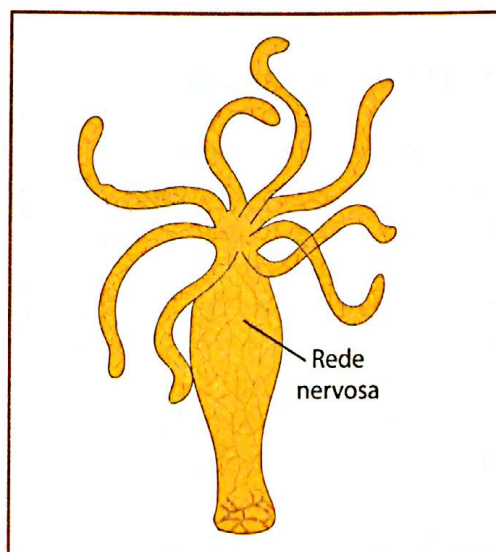


Fig. 73 Sistema nervoso difuso da hidra (celenterado)



Nos platelmintes, o sistema nervoso é constituído por dois **gânglios cerebrais** na região anterior do corpo, dos quais partem para a região posterior, dois **cordões nervosos** em que há gânglios menores. Essa organização do sistema nervoso também é observada em anelídeos, moluscos e artrópodes. O sistema nervoso assim organizado é designado **sistema nervoso ganglionar**.

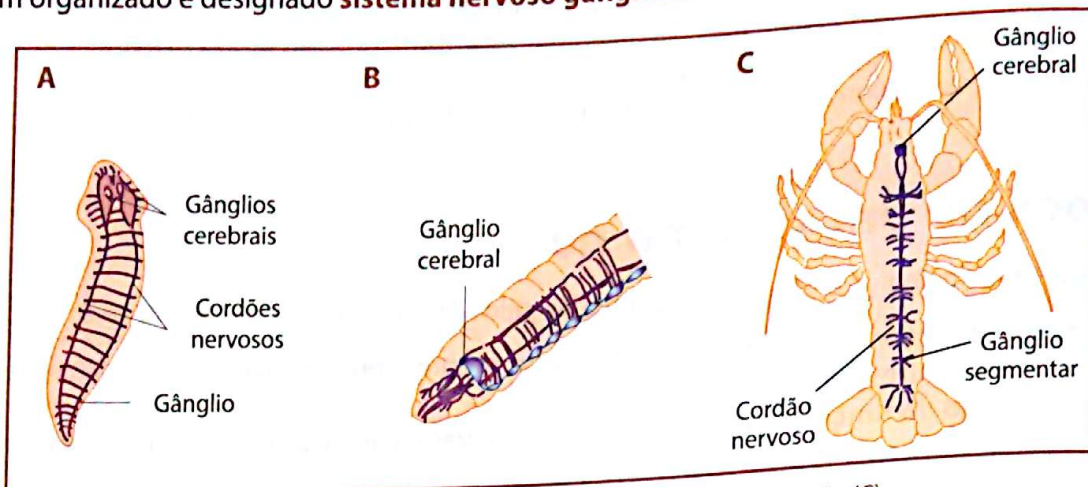


Fig. 74 Sistema nervoso ganglionar em platelmintes (A), anelídeos (B) e artrópode. (C)

## Sistema nervoso em vertebrados

Nos vertebrados, a maioria das células nervosas localiza-se na cabeça, formando o **encéfalo**, que se liga à **medula espinal**. Esta percorre a região dorsal do animal.

O encéfalo e a medula espinal formam o **sistema nervoso central**, ligado às diversas partes do corpo através do **sistema nervoso periférico** constituído pelos **nervos** e pelos **gânglios nervosos**.

## Tipos de neurónios

Os **neurónios sensitivos** são os neurónios que reagem a estímulos exteriores e que despertam a reacção a esses estímulos, se necessário. A sua constituição é um pouco diferente dos outros dois tipos de neurónios. De um lado do axónio encontram-se os sensores que captam os estímulos. Do outro lado possui os dendrites. O corpo celular localiza-se sensivelmente a meio do axónio, estando ligado a este por uma ramificação do axónio, assumindo um pouco o aspecto de um balão.

Os **neurónios motores** têm a função de transmitir o sinal desde o sistema nervoso central ao órgão efector (por exemplo os músculos e glândulas) para que este realize a acção que foi ordenada pelo encéfalo ou pela medula espinal. Estes são os neurónios que têm o aspecto mais familiar que se vê muitas das vezes nas imagens.

Os **neurónios associativos** ou **mistos** constituem o grupo de neurónios mais numeroso. Como o nome indica, estes neurónios transmitem o sinal desde os neurónios sensitivos ao sistema nervoso central. Liga também neurónios motores entre si. Neste tipo de neurónios o axónio é bastante reduzido, estando o corpo celular e as dendrites ligadas directamente à arborização terminal onde se localizam os dendrites.

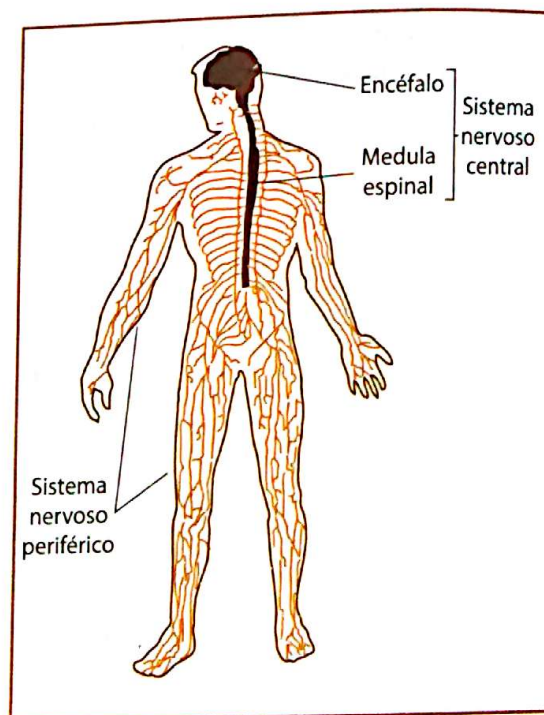


Fig. 75 Sistema nervoso central e periférico nos vertebrados



# Baino

## Impulso nervoso e sua transmissão

Todas as células vivas, e em particular as células nervosas, apresentam uma diferença de **potencial eléctrico** entre as faces externa e interna da sua membrana celular. Essa diferença é gerada pela diferente concentração de iões de sódio ( $\text{Na}^+$ ) e de potássio ( $\text{K}^+$ ) dentro e fora da célula. A face externa tem carga eléctrica positiva e a face interna carga negativa. A diferença do potencial eléctrico é mantida por meio de um mecanismo de bombeamento activo de iões pelas membranas celulares em que o sódio é forçado a sair da célula e o potássio a entrar. No neurónio em repouso o potencial eléctrico é chamado **potencial em repouso** e é da ordem de  $-70 \text{ mV}$ . A manutenção desse potencial gasta energia, uma vez que o bombeamento de iões é um processo activo de transporte que consome ATP (veja Unidade 1, Transporte nas células).

A membrana celular contém inúmeras estruturas proteicas que funcionam como «portas» para a passagem de iões de potássio e de sódio. Essas «portas» ficam normalmente fechadas num neurónio em repouso, abrindo-se quando ele é estimulado.

Quando um estímulo apropriado (estímulo com certa intensidade mínima) atinge o neurónio, as «portas» de passagem de sódio abrem-se imediatamente na área da membrana que foi estimulada. O ião de sódio, por estar em maior concentração no meio celular externo, penetra rapidamente através das aberturas na membrana.

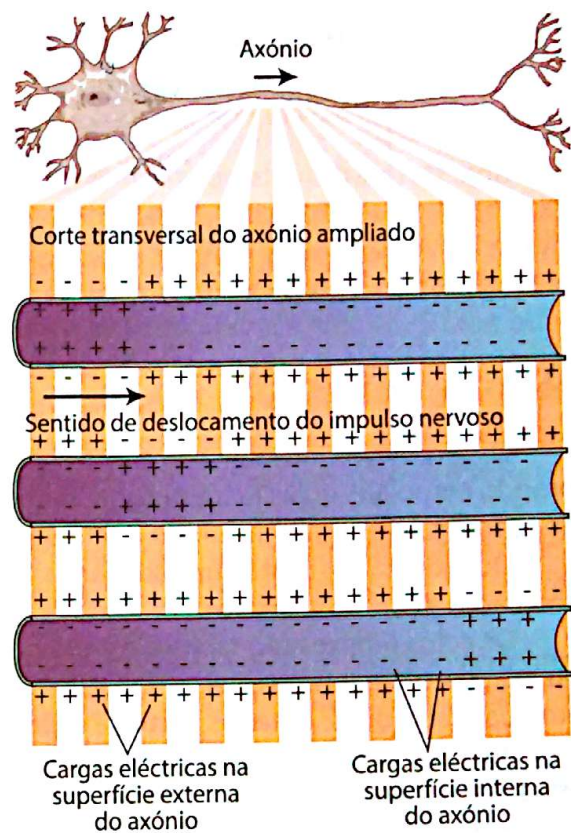
O brusco fluxo de cargas positivas faz com que o potencial da membrana que era da ordem de  $-70 \text{ mV}$ , passe aproximadamente a  $+35 \text{ mV}$ . Essa mudança de potencial denomina-se **despolarização**. A transição abrupta de potencial eléctrico provoca a formação dum **potencial da acção**.

Na área afectada pelo estímulo, a membrana permanece despolarizada apenas 1,5 milésimo de segundo. Logo, as «portas» de passagem de potássio abrem-se, permitindo a saída desse ião. Com isso, ocorre a **repolarização** que retorna à condição de repouso.

O potencial da acção que se estabelece na área da membrana estimulada perturba a área vizinha levando à sua despolarização. O estímulo provoca, assim, uma onda de despolarizações e repolarizações que se propaga ao longo da membrana plasmática do neurónio. Essa onda de propagação é o **impulso nervoso**.

O impulso nervoso propaga-se num único sentido na fibra nervosa. As dendrites conduzem sempre o impulso em direcção ao corpo celular. O axónio, por sua vez, conduz o impulso em direcção às suas extremidades.

Um impulso nervoso é transmitido de uma célula a outra através das **sinapses**. A sinapse é uma região entre o axónio de um neurónio e as dendrites de outro neurónio. Na maioria das sinapses nervosas as membranas das células estão muito próximas, mas não se tocam. Há um pequeno espaço entre as membranas celulares, denominado **espaço sináptico** ou **fenda sináptica**.



**Fig. 76** O impulso nervoso percorre o axónio como uma onda de inversão de polaridade (despolarização e repolarização) da membrana plasmática.



Quando um impulso atinge as terminações do axónio, ocorre nesse local a libertação de substâncias acumuladas nas minúsculas vesículas sinápticas. Essas substâncias, que agem como mediadores químicos na transmissão dos impulsos, são os **neurotransmissores**.

O neurotransmissor libertado na fenda sináptica estimula a membrana pós-sináptica, provocando nela uma modificação local de permeabilidade. Surge aí o novo impulso, isto é, a nova onda de inversão de polaridade da membrana ao longo da dendrite do neurónio receptor.

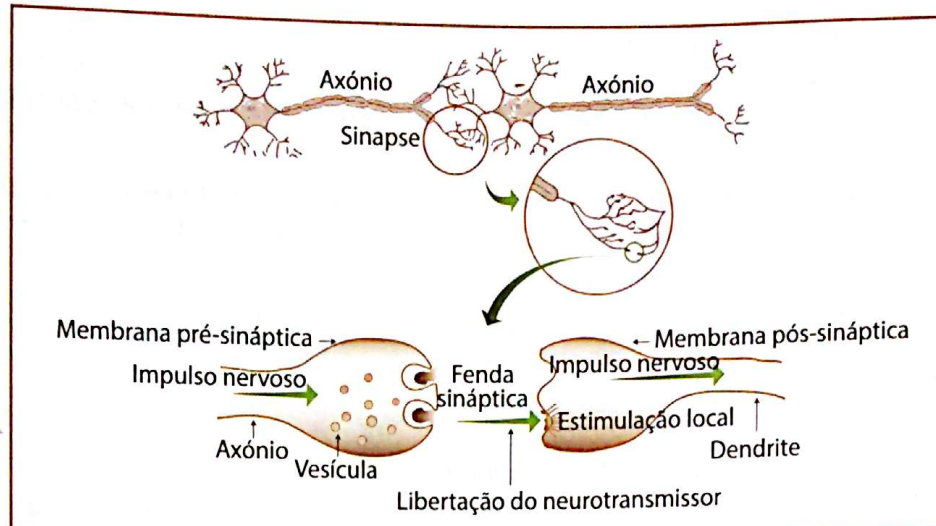


Fig. 77 Transmissão do impulso nervoso de célula a célula

## Actos reflexos

Os seres vivos recebem constantemente informações ou estímulos do ambiente que os rodeia ou do próprio corpo aos quais reagem continuamente. A reacção a estímulos do ambiente é uma característica de todos os seres vivos, incluindo o ser humano.

Quando há **respostas involuntárias** a estímulos diz-se **actos reflexos**. As respostas voluntárias são chamadas **actos voluntários**.

Os actos reflexos são rápidos e a sua principal função é a de proteger o organismo de certos perigos ou adaptar o organismo a certas situações do ambiente ou do próprio corpo. Os actos reflexos dividem-se em duas categorias: **reflexos inatos** e **reflexos adquiridos**.

Alguns dos actos reflexos são comuns a todos os organismos, ou seja, todos os indivíduos nascem com estes actos reflexos. Portanto, todos os organismos reagem do mesmo modo a um mesmo estímulo. Por isso, esses reflexos são designados por **reflexos inatos**. Por exemplo, o reflexo da deglutição e o reflexo pupilar são reflexos inatos.

Para além dos reflexos inatos, existem outros reflexos que resultam de uma aprendizagem. São, por isso, chamados **reflexos adquiridos**.

Se não há, durante a aprendizagem, nenhuma influência de um outro organismo, diz-se que este é um **reflexo não condicionado**. No entanto, o organismo pode ser «ensinado» a responder de uma determinada forma a um determinado estímulo. Neste caso, verifica-se um **reflexo condicionado**.

As primeiras investigações sobre reflexos condicionados foram feitas por um cientista russo, o Dr. Ivan Pavlov. Nessas investigações foram utilizados cães cujos actos foram condicionados.

Ao apresentar comida a um cão (veja fase 1 da figura 78), o Dr. Pavlov observou que, na boca do cão, começava a formar-se saliva, pois a comida é um estímulo para o cão. Ao ver comida, a informação é transmitida para o encéfalo do cão. A formação da saliva é um reflexo inato.

Sempre que o Dr. Pavlov dava de comer ao cão tocava uma campainha (veja fase 2 da figura 78). Ao fim de algum tempo, o cão começou a relacionar o toque da campainha com a comida.



Seguidamente, o Dr. Pavlov experimentou tocar a campainha, sem dar comida ao cão. Observou que o cão, apesar de não comer, tinha a boca cheia de saliva, ou seja, estava preparado para comer (veja fase 3 da figura 78). O cão reagia à campainha da mesma forma que reagiria se visse a comida. Por isso, diz-se que o acto deste animal foi **condicionado**.

Os movimentos comandados pela vontade são **actos voluntários** e são coordenados por uma área do cérebro chamada **área motora**.

## Arco reflexo

Para que haja uma reacção aos estímulos, são necessários determinados elementos que irão permitir a ocorrência do que é designado um **arco reflexo**. São esses elementos que permitem uma resposta rápida do organismo a possíveis situações de perigo: **estímulo, órgão receptor, nervos sensitivos, centro nervoso, nervos motores, órgão efector e reacção**.

O estímulo, como já foi dito, é uma certa informação recebida do ambiente ou do próprio corpo. Se o estímulo atinge um determinado valor é transformado num **impulso**. O **órgão receptor** é aquele que recebe o estímulo. Neste órgão, encontram-se células muito sensíveis a um certo estímulo. Estas células são chamadas **células** ou **neurónios sensoriais**. Os **nervos sensitivos** transmitem o impulso do órgão receptor à medula espinal ou ao encéfalo. O **centro nervoso**, constituído pela medula espinal ou pelo encéfalo, faz parte do sistema nervoso central. É aqui que a informação, contida num estímulo e transmitida através do impulso, é «trabalhada», ou seja, interpretada. Os nervos motores transmitem a resposta elaborada no centro nervoso ao órgão efector. O **órgão efector** recebe a resposta elaborada do centro nervoso. Nos vertebrados, os músculos são os órgãos effectores mais importantes. A **reacção** é a resposta a um certo estímulo através duma reacção do órgão efector.

Pode-se representar o percurso dum impulso através de um esquema (figura 79). A via que o impulso segue das células sensoriais aos centros nervosos, através dos nervos sensitivos, é chamada **via sensitiva**. A via que a resposta elaborada percorre, do centro nervoso até ao órgão efector, através dos nervos motores, é designada **via motora**.

Se o centro nervoso, que intervém na execução, é a medula espinal, o arco reflexo é chamado **arco reflexo medular**. Se o centro nervoso é o encéfalo, então, o arco reflexo é designado **arco reflexo encefálico**.

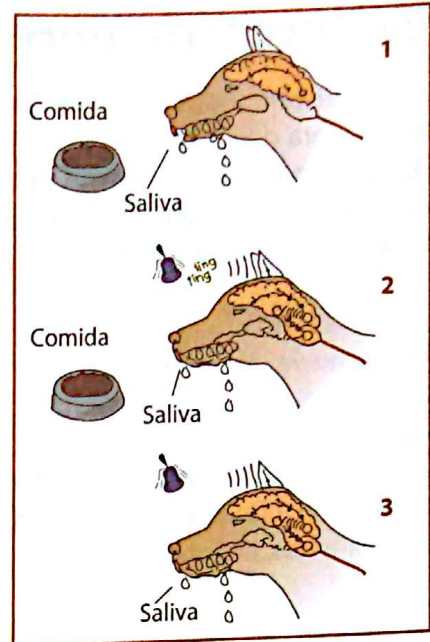


Fig. 78 Experiência do Dr. Pavlov

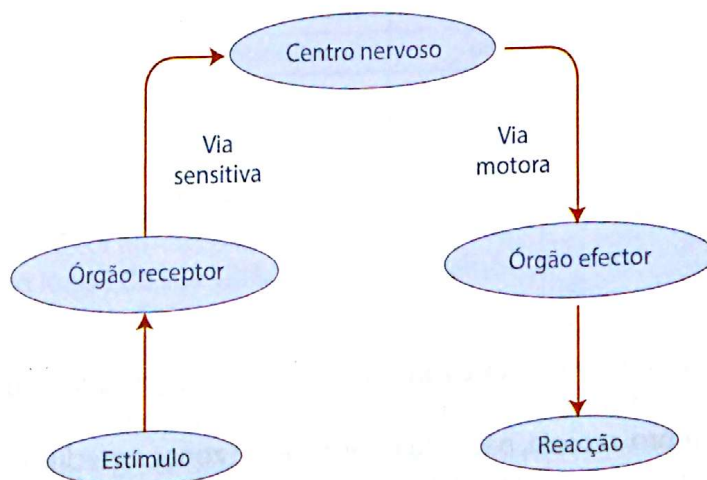


Fig. 79 Elementos de um arco reflexo



## Evolução do encéfalo

O encéfalo dos vertebrados é a maior região integradora do sistema nervoso e o principal centro de coordenação do corpo. Em todos os vertebrados, desde peixes até mamíferos, ele tem a mesma estrutura básica, como se pode ver na figura 80.

O sistema nervoso tem origem no tubo neural, como vai aprender mais adiante. Na sua região anterior surge uma pequena vesícula encefálica que sofre vários estrangulamentos. Resultam, assim, as cinco vesículas definitivas que compõem o encéfalo e pelas quais se estende a medula espinal, para trás, ao longo da região dorsal.

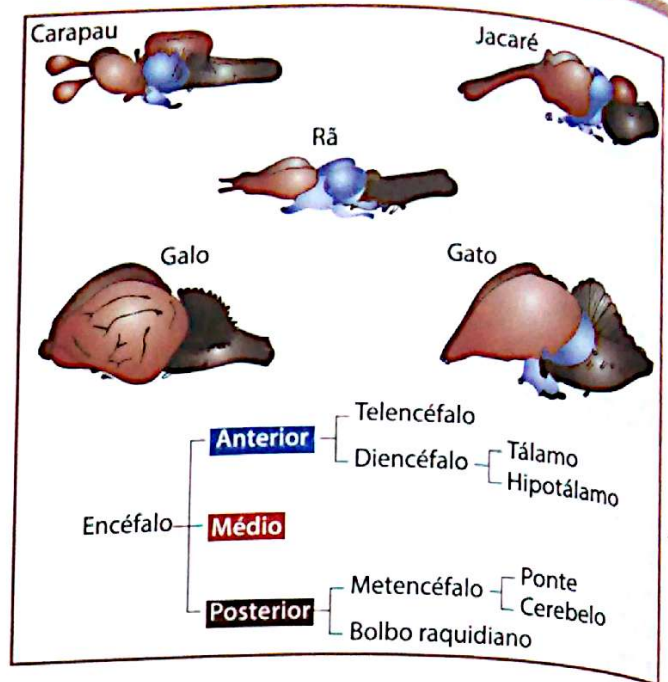


Fig. 80 Comparação entre os encéfalos de vertebrados

### Quadro 8: Localização, características e funções das vesículas definitivas

Vesículas primitivas	Vesículas definitivas	Regiões	Características e funções
Encéfalo anterior	Telencéfalo	Hemisférios cerebrais	Controlo das acções motoras voluntárias, integração dos estímulos sensoriais, raciocínio, aprendizagem, pensamento, fala e memória. O córtex cerebral divide-se em bolbos e, em cada um deles, existem áreas associadas com funções específicas: córtex motor, córtex sensorial, córtex auditivo e córtex visual.
		Tálamo	Integra o córtex cerebral e a medula espinal.
	Diencefalo	Hipotálamo	Centro de controlo da fome, da sede, da manutenção da temperatura, da osmolaridade do sangue, do metabolismo de gorduras e hidratos de carbono. Relaciona-se também com a regulação do sono.
Encéfalo médio	Mesencéfalo		Em vertebrados inferiores, associa-se aos sentidos da visão e da audição.
Encéfalo posterior	Metencéfalo	Cerebelo	Coordenação motora e manutenção do equilíbrio.
	Mielencéfalo	Bolbo raquidiano	Centro regulador de actividades vitais, como a respiração, a pressão arterial, a frequência cardíaca, a transpiração, os movimentos peristálticos e a produção de secreções digestivas.

## Memória

O cérebro compreende zonas motoras e sensoriais, cada uma com as suas funções específicas. Essas zonas estão ligadas umas às outras através de neurónios. No entanto, a memória não depende realmente de zonas específicas do cérebro, ou seja, não está localizada em zonas específicas. Assim, actualmente, os cientistas definem o conceito de memória como sendo um conjunto de funções realizadas por grupos de neurónios situados em várias partes do cérebro.



Como já sabe, os neurónios do cérebro podem ligar-se entre si. Estas ligações formam-se quando ocorre aquisição de novas informações. À medida que os nossos conhecimentos se enriquecem, cria-se um labirinto de ligações entre os biliões de células cerebrais e as informações que chegam do ambiente e que podem ser armazenadas sem apagar informações e conhecimentos anteriores.

Existem vários critérios de classificação de memória. Atendendo ao factor tempo, existem dois tipos de memória: **memória de curta duração** e **memória de longa duração**.

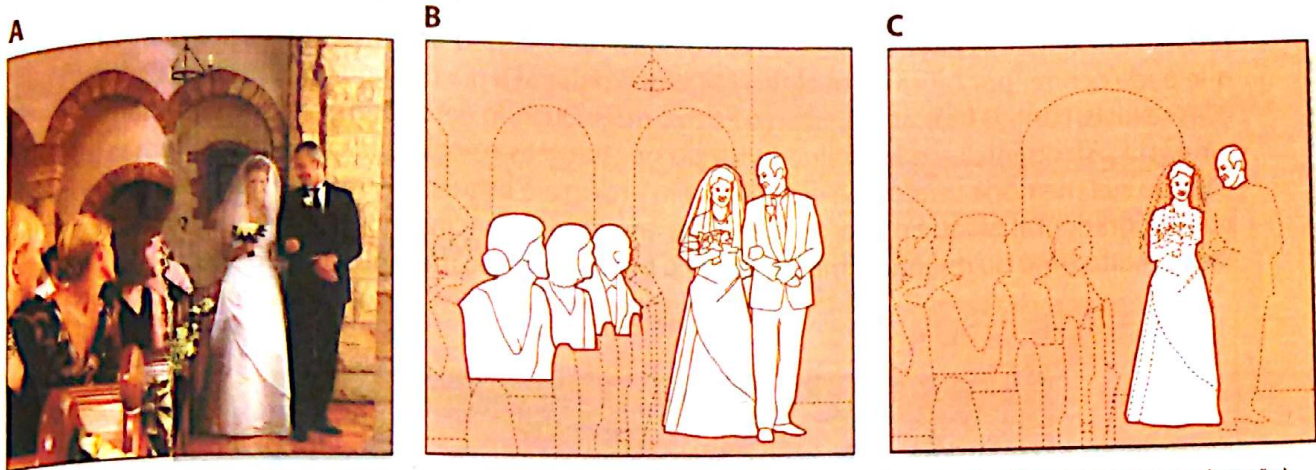


Fig. 81 Tipos de memória (Exemplo: A – Acontecimento vivido; B – Memória de curta duração; C – Memória de longa duração)

A memória de curta duração guarda informações durante muito pouco tempo: só o tempo de que necessita para utilizar essa informação. No máximo, a informação é armazenada até 24 horas. Depois, essas informações são apagadas (A da figura 81) ou guardadas numa zona do cérebro que é capaz de armazenar a informação até alguns dias (B da figura 81).

A memória de longa duração conserva a informação durante muito tempo no cérebro (C da figura 81). Muitas das vezes são informações importantes para a sobrevivência. Estas informações poderão ser utilizadas à medida que forem necessárias.

## Doenças do sistema nervoso

A **amnésia** é um distúrbio de memória que faz com que o indivíduo perca tudo o que foi armazenado nos lobos frontais, temporais e parentais ao longo de sua vida. A perda de memória pode ser parcial quando o indivíduo temporariamente permanece sem se recordar do seu passado; ou total, quando não mais se recorda e não mais existem possibilidades de haver recordação do passado.

A amnésia normalmente é provocada por algum tipo de doença neurológica degenerativa ou por problemas relacionados às partes do cérebro responsáveis pelo armazenamento de informações e vivências

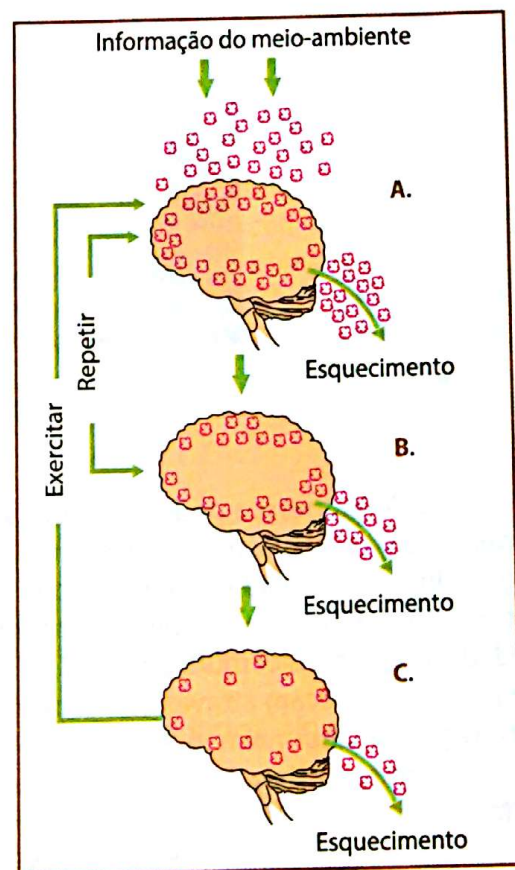


Fig. 82 Armazenamento de informações e tipos de memória



como o alcoolismo, drogas, acidentes onde a cabeça é afectada e outros. Esse distúrbio pode ser dividido a partir de sua causa como:

- **amnésia anterógrada** – o indivíduo lembra-se perfeitamente das ocorrências a longo prazo, porém não se recorda dos acontecimentos recentes. Normalmente ocorre por traumas cerebrais.
- **amnésia retrógrada** – o indivíduo recorda-se somente dos factos ocorridos depois do trauma sofrido, esquecendo-se dos factos passados.
- **amnésia global transitória** – o indivíduo dificilmente é diagnosticado, pois esse tipo de distúrbio possui características anterógradas e retrógradas, dificultando assim sua identificação. Acredita-se que pode ocorrer por causa de qualquer facto que diminui o fluxo sanguíneo no encéfalo como relações sexuais, banhos frios, *stress*, esforço físico e mais. Quando detectada é facilmente tratada.
- **amnésia psicogénica** – o indivíduo induzido por traumas psicológicos bloqueia algumas informações de sua memória sendo que esse bloqueio provoca o esquecimento que pode ser anterógrado ou retrógrado. Tal bloqueio ocorre quando as emoções de um indivíduo sofrem algum tipo de sensação muito forte ou quando a mente utiliza o bloqueio como mecanismo de defesa.

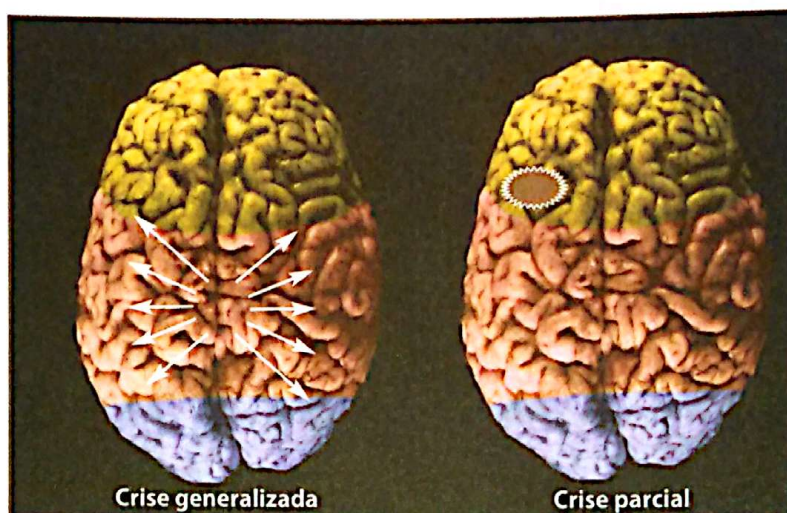


Fig. 83 Tipos de ataques epiléticos

Qualquer pessoa pode sofrer um **ataque epilético**, devido, por exemplo, a choque eléctrico, deficiência em oxigénio, traumatismo craniano, baixa do açúcar no sangue, privação de álcool, abuso de drogas. Uma crise isolada também não é sinónimo de epilepsia. Este termo apenas se emprega quando as crises têm tendência a repetir-se, espontaneamente, ao longo do tempo. Pode iniciar-se em qualquer idade, mas é mais comum até aos 25 e depois dos 65 anos. Como sabe, os neurónios, trabalham em conjunto e comunicam através de sinais eléctricos. Num ataque epilético parte ou todas essas células descarregam-se anormalmente.

Pode-se distinguir entre dois tipos fundamentais de ataques (ou crises) epiléticos: os «generalizados», envolvendo todo o cérebro e, os «parciais», em que a descarga se limita a uma área cerebral.

De todas as «crises generalizadas», as mais frequentes e conhecidas são as «tónico-clónicas»: na fase tónica, o doente perde subitamente o conhecimento, cai, e o corpo torna-se rígido; na clónica, todo o corpo é percorrido por convulsões.

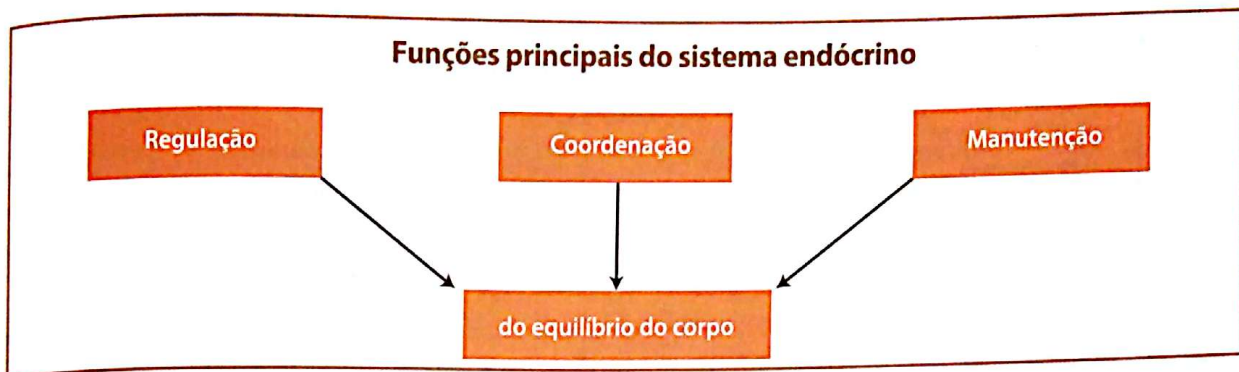


## Sistema endócrino

A comunicação entre as células é fundamental para o funcionamento do organismo. Qualquer alteração numa zona do organismo deve ser comunicada a todas as células muito rapidamente. A função da comunicação é desempenhada pelo sistema nervoso. No entanto, a acção do sistema nervoso é completada por outro sistema de coordenação – o **sistema hormonal** (ou **endócrino**).

## Funções do sistema endócrino

O sistema hormonal possui três funções principais, como mostra o esquema que se segue:



Todas estas funções podem ser realizadas graças à existência de certas substâncias chamadas **hormonas**, que são produzidas nas estruturas que compõem o sistema hormonal – as **glândulas endócrinas**.

As **hormonas** são substâncias químicas que funcionam como mensageiros, navegando no sangue e levando instruções de um conjunto de células de diferentes órgãos para outros. Elas actuam em doses (quantidades) pequenas e podem ter uma acção estimulante ou inibidora sobre outras células ou órgãos.

Cada hormona actua apenas sobre alguns tipos de células denominadas **células-alvo**. As células-alvo de uma determinada hormona possuem, na membrana ou no citoplasma, proteínas denominadas **receptores hormonais**, capazes de se combinar especificamente com as moléculas de uma hormona. É apenas quando a combinação correcta ocorre que as células-alvo exibem a resposta característica da acção hormonal.

## Glândulas endócrinas

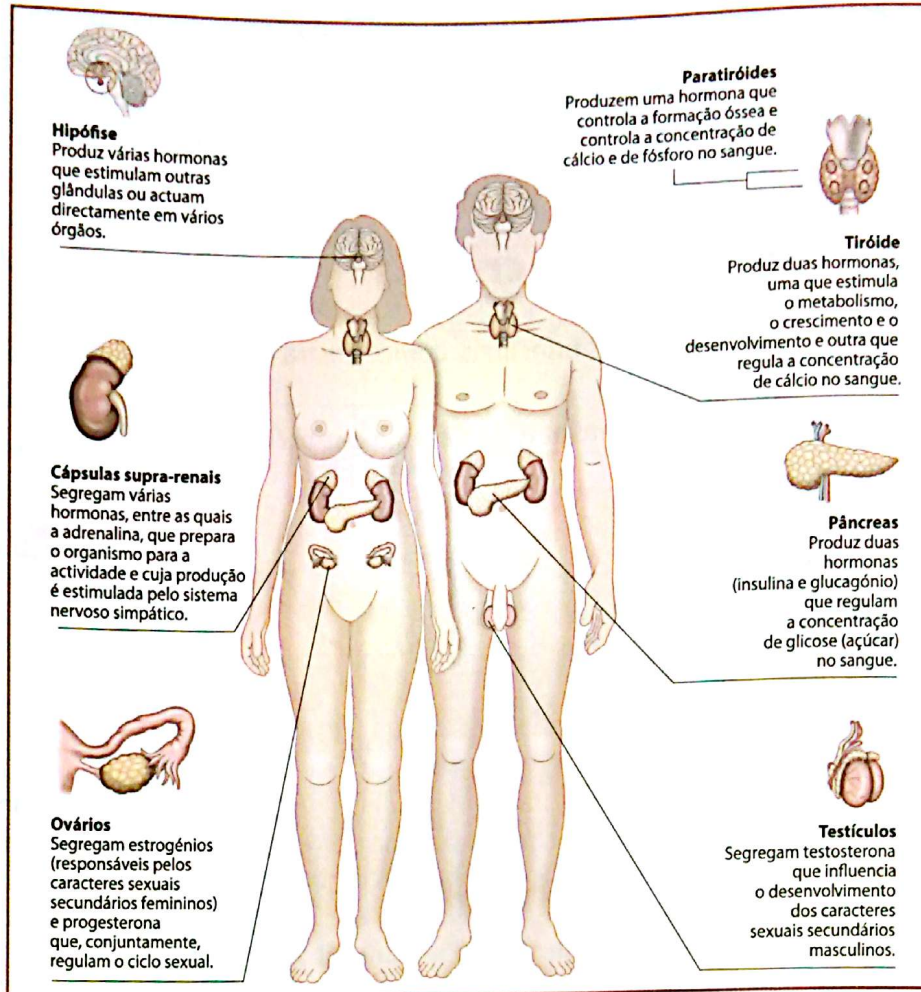
As **glândulas endócrinas** são glândulas que lançam as suas secreções directamente para a corrente sanguínea.

As glândulas endócrinas estão espalhadas pelo organismo. A figura 84 indica algumas das mais importantes do corpo humano.

A **hipófise** é responsável pela libertação de várias hormonas e situa-se numa cavidade do crânio, na base do cérebro. Tem uma forma oval, apresenta o tamanho duma ervilha e pesa cerca de 0,7 g. É formada por duas partes, cujas formas e funções são diferentes: a **hipófise anterior** (ou **adeno-hipófise**) e a **hipófise posterior** (ou **neuro-hipófise**). A hipófise anterior produz várias hormonas, que regulam diversos processos, como o crescimento e a lactação, por exemplo, assim como o funcionamento de outras glândulas endócrinas. A hipófise posterior armazena e liberta hormonas que actuam sobre o rim, assim como sobre o útero, nas mulheres.

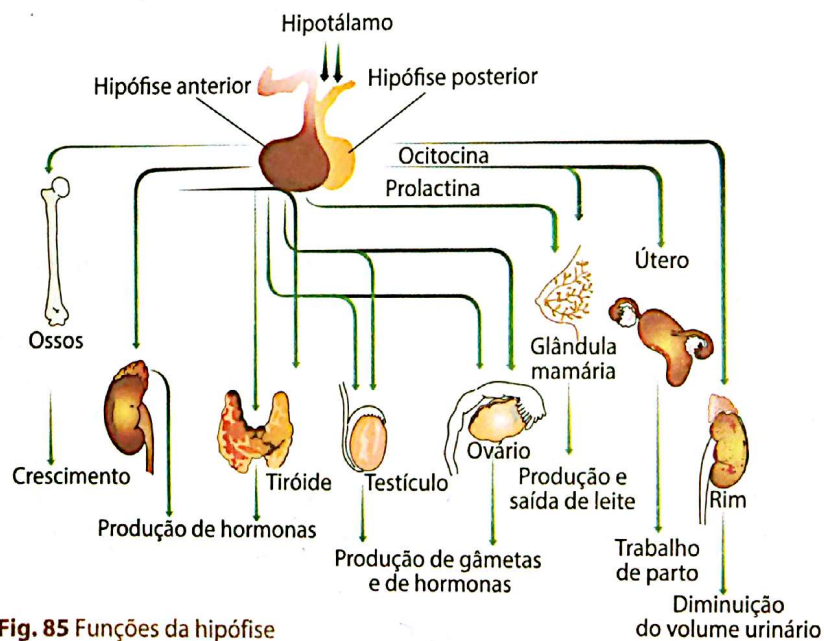


Como a hipófise controla a actividade de outras glândulas endócrinas, ela é conhecida como **glândula mestra**.



**Fig. 84** Principais glândulas endócrinas do corpo humano

O **hipotálamo** liberta secreções que interferem na produção de hormonas hipofisárias. Além disso, neurónios do hipotálamo têm as extremidades dos seus axónios na neuro-hipófise, a qual armazena e liberta hormonas produzidas por eles.



**Fig. 85** Funções da hipófise



O quadro que se segue apresenta de forma geral as principais glândulas endócrinas humanas, que produzem hormonas e suas funções.

**Quadro 9:** Principais glândulas endócrinas, suas hormonas e principais funções

Glândula endócrina	Hormona	Função
Hipófise	Oxitocina	Estimula a contracção das musculaturas do útero e das glândulas mamárias.
	Antidiurético	Promove a reabsorção de água pelos rins.
	Somatotrofina	Estimula o crescimento do corpo.
	Prolactina	Estimula a produção e a secreção de leite.
	Folículo estimulante	Estimula a maturação dos folículos ovarianos.
	Luteinizante	Estimula o corpo amarelo e a ovulação.
Tiróide	Tiroxina	Regula o desenvolvimento e o metabolismo em geral.
	Calcitonina	Regula a taxa de cálcio (baixa a concentração de cálcio no sangue e inibe a libertação de cálcio dos ossos).
Para-tiróides	Paratormónio	Regula a taxa de cálcio (eleva a concentração de cálcio no sangue e estimula a libertação de cálcio dos ossos).
Pâncreas	Insulina	Regula a taxa de glicose (baixa a concentração de glicose no sangue, estimula o armazenamento de glicose pelo fígado). Estimula a síntese de proteínas.
	Glucagónio	Regula a taxa de glicose (estimula a quebra de glicogénio no fígado).
Testículos	Testosterona	Desenvolve e mantém os caracteres sexuais secundários masculinos; estimula a espermatogénese.
Ovários	Estrogénios	Desenvolve e mantém os caracteres sexuais secundários femininos; estimula o crescimento da mucosa uterina.
	Progesterona	Promove a continuação do crescimento da mucosa uterina.

Como já foi dito anteriormente, são as **células-alvo** que recebem a mensagem hormonal. Estas células possuem na sua membrana celular regiões específicas que lhes permitem ligarem-se a uma determinada hormona. Esse sítio chama-se **receptor da hormona**. Nesse local forma-se um **complexo hormonal-receptor** que é responsável pelo desencadear de fenómenos na célula, que traduzem o «cumprimento da mensagem», ou seja, que interpretam a mensagem recebida e emitem uma resposta.

Duma maneira geral, pode-se representar a acção hormonal através do esquema da figura 86.



# UNIDADE 3

Cada hormona cumpre com a sua função específica, apesar de, no seu conjunto, existirem no organismo em quantidades muito pequenas. O efeito de cada hormona tem de ser cuidadosamente controlado, porque, se actuar durante muito tempo ou com demasiada intensidade, pode afectar o equilíbrio do organismo.

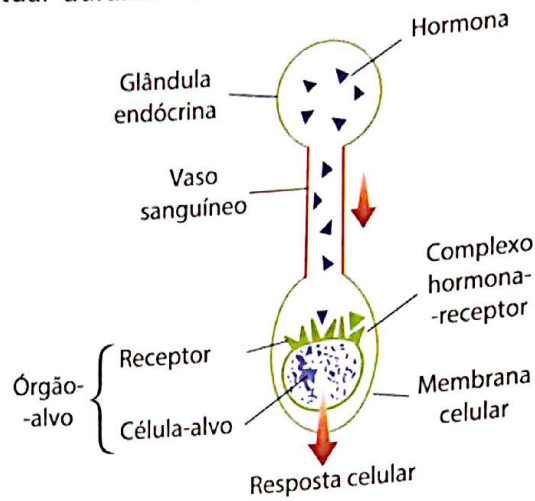


Fig. 86 Esquema da acção hormonal

A regulação da secreção de diversas hormonas é feita por um mecanismo conhecido como **feedback (retroalimentação) negativo**. A expressão *feedback* é usada para indicar a regulação de uma glândula endócrina pelo seu próprio produto final, ou seja, o *feedback* é negativo, porque o aumento do produto final inibe a actividade da glândula endócrina.

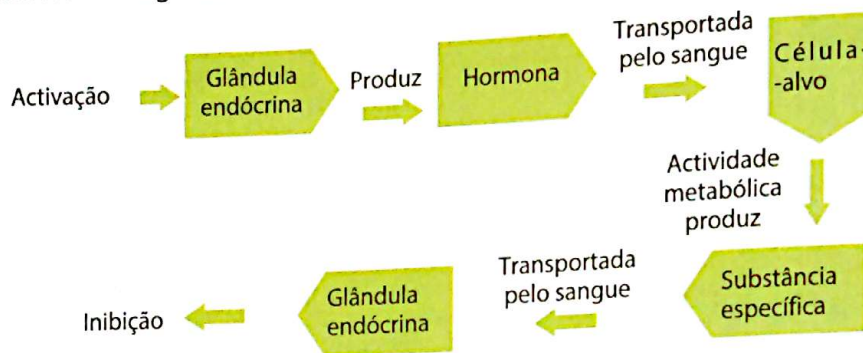


Fig. 87 Regulação hormonal



## Ficha Informativa

Vejamos o exemplo da regulação hormonal da taxa de cálcio no sangue como um exemplo concreto do funcionamento da retroalimentação.

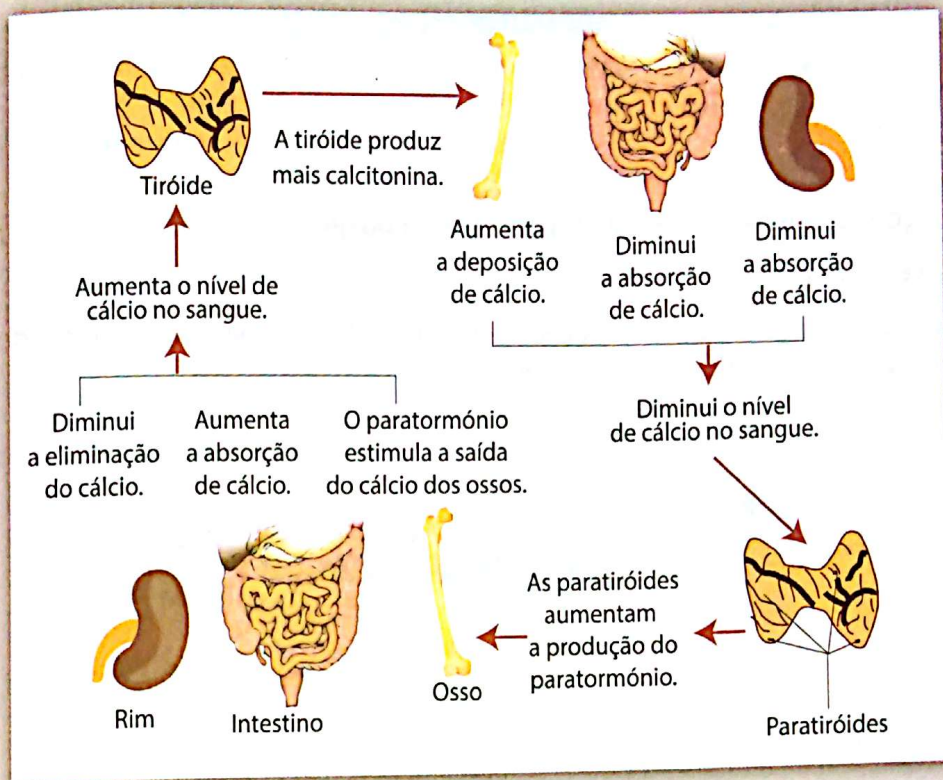
A tiróide produz hormonas responsáveis pela regulação da quantidade de cálcio no sangue. Uma elevação do nível de cálcio no sangue estimula a tiróide a segregar uma determinada hormona (calcitonina) que é levada pela corrente sanguínea até às células-alvo, que se situam nos ossos, nos nefrónios e no intestino delgado. Nestas células-alvo decorrem reacções que provocam uma deposição de cálcio nos ossos, uma eliminação do cálcio na urina e uma inibição da absorção desse mineral pelo intestino delgado. Como resposta por parte das células, a quantidade de cálcio no sangue diminui. Esta diminuição provoca a inibição do funcionamento da glândula tiróide, até que a concentração de cálcio no sangue aumente de novo.

Quando a quantidade de cálcio no sangue diminui, as glândulas paratiróides são estimuladas. Desta forma, produzem uma hormona (paratormónio) que tem um efeito inverso à hormona produzida pela



tiróide: liberta cálcio dos ossos para o sangue, estimula a absorção de cálcio pelo intestino delgado e diminui a sua eliminação pelos neurónios. Assim, a concentração de cálcio no sangue aumenta. Este aumento provoca a inibição do funcionamento das glândulas paratiróides até a concentração de cálcio no sangue diminuir de novo.

Assim, as hormonas produzidas pelas tiróide e paratiróides mantêm um nível adequado de cálcio no sangue, condição essencial para um bom funcionamento das células do organismo.



Um outro exemplo da regulação hormonal é o da regulação da concentração de glicose no sangue, como pode observar na figura que se segue.

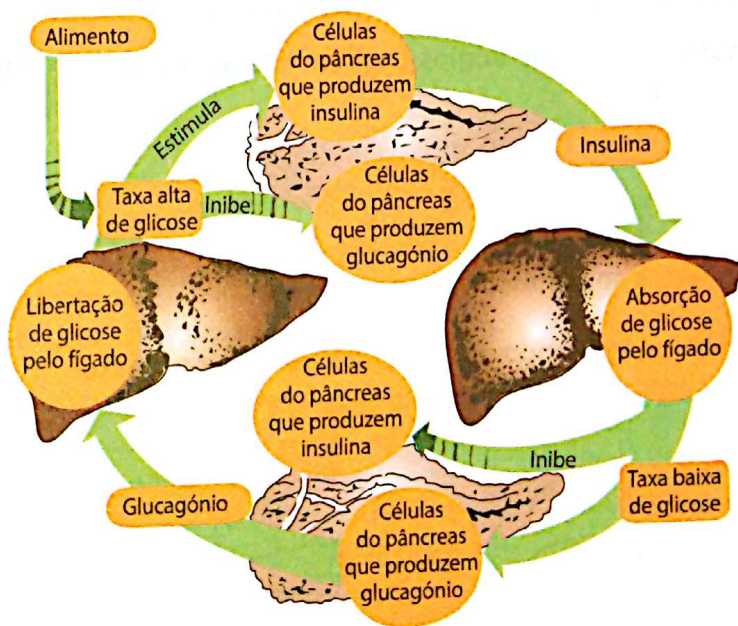
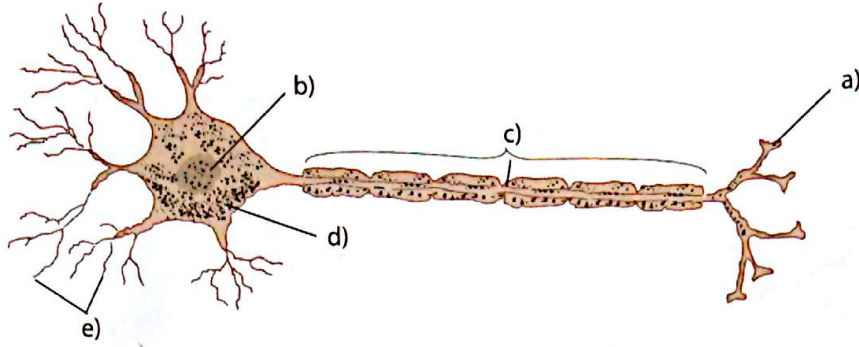


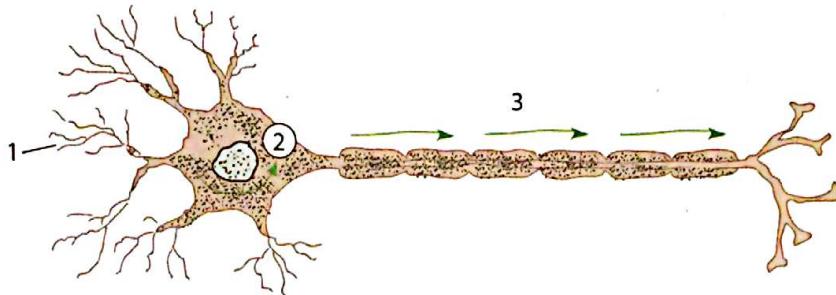
Fig. 88 Regulação da concentração de glicose no sangue pela acção das hormonas pancreáticas, insulina e glucagónio



1. Nomeie os três (3) principais tipos de sistemas nervosos e caracterize-os.
2. Faça a legenda de um neurónio e cite as propriedades fundamentais dessa célula.

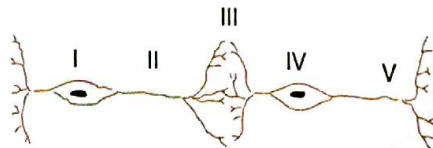


3. Mencione as funções gerais desempenhadas pelas células da glia.
4. Diferencie uma célula nervosa de um nervo.
5. Observe a figura que se segue. Marque a opção que representa a propagação correcta do impulso nervoso na célula nervosa, de acordo com os números dados.

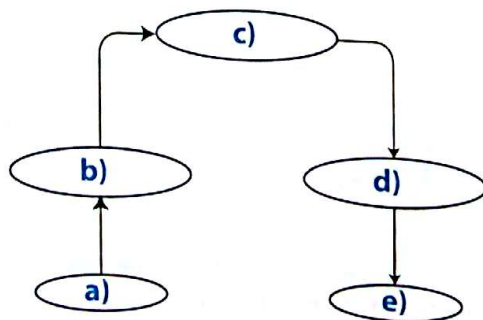


- a) 1 - 2 - 3      b) 2 - 1 - 3      c) 3 - 2 - 1      d) 2 - 3 - 1

6. Descreva como se mantém a diferença de cargas eléctricas entre as duas faces da membrana de um neurónio em repouso.
7. Explique por que a manutenção do potencial em repouso consome energia.
8. Defina os conceitos de nervo sensitivo, nervo motor e nervo misto.
9. Considere o seguinte esquema de dois neurónios. Diga em que parte a sinapse está representada:  
a) I   b) II   c) III   d) IV   e) V



10. Preencha o esquema em baixo, indicando os elementos de um arco reflexo.





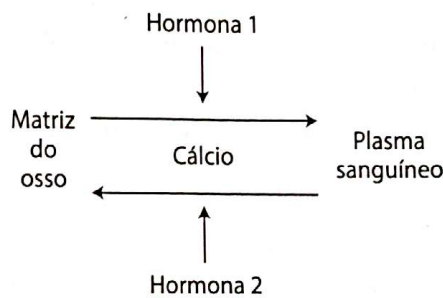
# Exercícios de consolidação



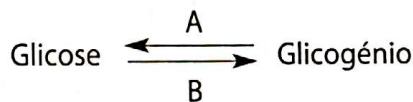
1. a) Defina o conceito de memória.  
b) Mencione e descreva os diferentes tipos de memória.
2. Defina o conceito de hormona.
3. O que significa dizer que uma célula é «alvo» de uma hormona?
4. Considere os itens I, II, e III.
  - I. As glândulas actuam independentemente entre si.
  - II. O funcionamento das glândulas endócrinas é subordinado a uma das menores glândulas do corpo humano, situada no interior da caixa craniana.
  - III. Por sua vez, esta última glândula actua sob o controlo de uma estrutura que é mediadora entre o sistema nervoso e o sistema endócrino.

Cite:

- a) Duas glândulas endócrinas relacionadas com o item I.
  - b) A glândula a que se refere o item II.
  - c) A estrutura a que se refere o item III.
15. O esquema indica a função de duas hormonas.
- a) Mencione as hormonas indicadas pelos números 1 e 2 e indique o seu local de produção.
  - b) Descreva a consequência da deficiência da hormona 1 na fisiologia da contracção muscular.



16. A reacção abaixo indicada representa as conversões de glicose em glicogénio e vice-versa, promovidas pelas hormonas A e B.



A e B são respectivamente:

- |                               |                                |
|-------------------------------|--------------------------------|
| a) Glucagónio e insulina.     | b) Insulina e ocitocina.       |
| c) Insulina e glucagónio.     | d) Glucagónio e antidiurético. |
| e) Ocitocina e antidiurético. |                                |

17. Compare o sistema nervoso e o sistema hormonal, utilizando os critérios indicados na tabela que se segue. Se for necessário, consulte a bibliografia científica.

	Sistema nervoso	Sistema hormonal
Tipo de estímulos		
Tipo de mensagem		
Velocidade		
Amplitude de acção		
Tempo da resposta		
Via de distribuição		
Órgãos efectores		



## Órgãos dos sentidos

Durante a sua evolução, os animais desenvolveram estruturas que lhes possibilitaram a percepção de factores ambientais físicos e químicos.

### Funções gerais dos órgãos dos sentidos

A capacidade sensorial de um organismo permite não só reconhecer mas, também, analisar a cada instante o ambiente verificando se ele é compatível com as suas funções vitais. Quanto mais informações o organismo obtiver acerca do meio ambiente e quanto mais detalhadas elas forem, melhores condições ele terá de adaptação e sobrevivência.

Dos sentidos dependem a busca do alimento, a fuga dos predadores, o encontro sexual, a protecção, etc.

Os animais obtêm as informações sobre as condições internas e externas do seu corpo por meio de células sensíveis, denominadas **receptores sensoriais**.

Um receptor sensorial pode ser um neurónio modificado (**célula neurosensorial**) ou uma célula epitelial especializada (**célula epitélio-sensorial**) conectada a neurónios.

As células sensoriais distribuem-se pela superfície da pele e, também, constituem os **órgãos dos sentidos**.

De acordo com a natureza do estímulo que são capazes de captar, os receptores sensoriais podem ser classificados em quatro tipos básicos:

- **Quimiorreceptores** – especializados na detecção de substâncias químicas. Para a maioria dos animais, os receptores químicos têm importância vital. O paladar, por exemplo, permite distinguir o que pode ou não ser comido. Existem animais que apresentam receptores gustativos dentro e fora da boca, podendo perceber o sabor dos alimentos antes de ingeridos. Assim, a probabilidade de o animal colocar na boca substâncias venenosas ou tóxicas é menor. Outro sentido estimulado quimicamente é o olfacto, que é a percepção de substâncias presentes no ar. Em animais aquáticos, esses receptores são estimulados por substâncias dissolvidas na água. O olfacto desempenha importantes funções adaptativas: delimitação de território, reconhecimento de parceiros sexuais, localização de alimentos, detecção de predadores. Existem animais que produzem substâncias odoríferas (feromónios) que interferem no comportamento de outros animais da mesma espécie.
- **Termorreceptores** – especializados na captação de estímulos da natureza térmica. Na espécie humana há termorreceptores distribuídos por toda a pele, ligeiramente mais concentrados nas regiões da face, dos pés e das mãos.
- **Mecanorreceptores** – especializados na captação de estímulos mecânicos, tais como a compressão. Pode-se distinguir dois tipos de mecanorreceptores: os fonorreceptores, capazes de detectar variações na pressão do ar e, os estatorreceptores, que detectam a posição do corpo em relação à força de gravidade. Os ouvidos, por exemplo, actuam simultaneamente como fonorreceptores capazes de captar ondas sonoras e como órgãos de equilíbrio.
- **Fotorreceptores** – especializados na captação de estímulos luminosos. Os olhos são fotorreceptores altamente especializados.

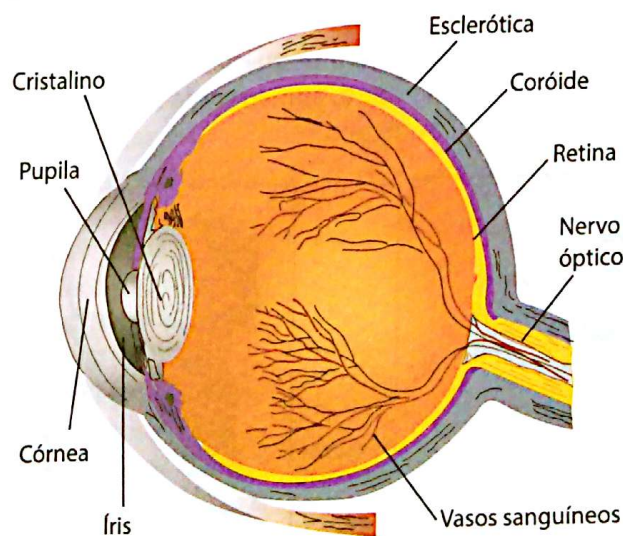


# Estrutura e funções de órgãos dos sentidos

## Olho

A capacidade de **fotorrecepção** existe até em alguns seres unicelulares, dotados de uma estrutura pigmentada, que permite reacções das células às variações claro-escuro do ambiente. Em animais simples, por exemplo medusas, existem estruturas pigmentadas e fotossensíveis (**ocelos**) que percebem apenas variações na intensidade luminosa. Eles não formam imagens. As planárias possuem olhos simples que se espalham na região anterior do corpo. Nos anelídeos, como a minhoca, células fotossensíveis espalham-se por toda a superfície corporal. As estruturas formadoras de imagens são os **olhos**, presentes em artrópodes, moluscos, cefalópodes e vertebrados. Os insectos apresentam **olhos compostos**, constituídos por **omatídeos**, unidades receptoras que formam imagens independentes. É nos vertebrados que o olho atinge alta capacidade de percepção de imagens. O olho humano é capaz de perceber cores e de transformar energia luminosa em impulso nervoso. Ele tem forma esférica e a sua parede é formada, de fora para dentro, por três camadas:

- Esclerótica** – é a camada branca, cuja região central constitui a **córnea**. A córnea é considerada uma lente convergente cuja superfície é lubrificada pela lágrima segregada pelas glândulas lacrimais. A córnea é transparente e permite a passagem de luz. A sua curvatura é fixa.
- Coróide** – é rica em vasos sanguíneos, que garantem a alimentação dos tecidos do olho. Tem pigmentos que formam a câmara escura, semelhante à de uma máquina fotográfica. A coróide forma a **íris**, o disco colorido do olho. No centro da íris há um orifício de tamanho regulável – a **pupila** – por onde a luz penetra no globo ocular. Atrás da íris fica o **crystalino**, a lente do olho. É o cristalino que dá nitidez e foco à imagem luminosa projectando-a na área sensível do fundo do olho (**retina**). O cristalino tem uma curvatura variável modificada pela contracção dos músculos ciliares.
- Retina** – apresenta três camadas de neurónios, sendo apenas uma delas composta de **cones e bastonetes** que são as células fotossensíveis. Os fotorreceptores estão conectados a fibras nervosas que se juntam todas num mesmo ponto do globo ocular, onde formam o **nervo óptico**. O ponto da retina, onde as fibras nervosas se reúnem, é chamado **disco óptico**. Como nessa região não existem fotorreceptores, ele é um **ponto cego**, isto é, as imagens focalizadas nesse local da retina não estão visíveis.



**Fig. 89** Constituição do olho humano. Os olhos ficam dentro de cavidades ósseas, chamadas **órbitas**, às quais são ligados por músculos capazes de movimentá-los em todas as direcções.



O cristalino, como já foi dito, focaliza as imagens em posição invertida sobre a retina do fundo do olho.

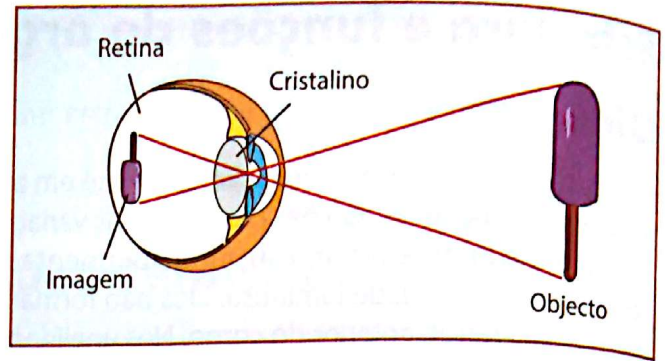


Fig. 90 Formação da imagem na retina

As fibras nervosas provenientes da parte interna de cada olho cruzam o encéfalo antes de atingirem os centros da visão do córtex cerebral, localizados na parte posterior do cérebro. Já as fibras provenientes da parte externa de cada olho dirigem-se aos lados correspondentes do córtex visual sem se cruzarem. Assim, os dois centros visuais de cada hemisfério cerebral recebem fibras de ambos os olhos. Cada olho vê as imagens de ângulos diferentes. A sobreposição dessas imagens é que permite a visão binocular e em três dimensões.

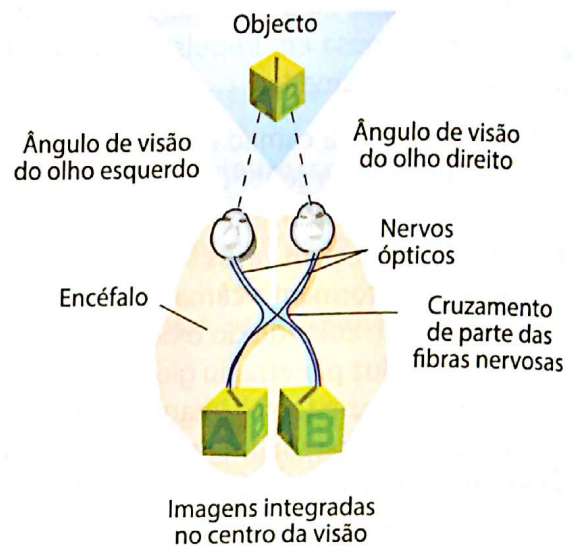


Fig. 91 Percepção da posição dos objectos compondo o campo de visão tridimensional

A capacidade de variação da convergência do cristalino é chamada **acomodação visual**. Ela depende da acção de fibras e músculos ciliares presos na sua periferia. Quando se observa um objecto à distância, o cristalino está ligeiramente sob tensão e tem pequena espessura. À medida que se aproxima o objecto dos olhos, o cristalino aumenta de diâmetro, aumentando com isso a sua convergência e, dentro de certos limites, o objecto ainda permanece em foco.



Fig. 92 A focalização dos objectos depende da mudança de forma do cristalino.



As **células fotorreceptoras (cones e bastonetes)** são diferentes não só quanto à forma, mas também quanto ao grau de sensibilidade à luz e à distribuição na retina.

Os bastonetes são mais numerosos que os cones, distribuindo-se mais na região periférica da retina. Eles têm maior sensibilidade à luz, sendo responsáveis pela percepção de formas. Os cones concentram-se mais na região central da retina e são sensíveis apenas à luz forte, dando a percepção de cores. Há três tipos de cones: um que se excita com luz vermelha, outro com a luz verde e o terceiro com a luz azul.

Nas células fotossensíveis da retina há substâncias sensíveis à luz produzidas a partir da vitamina A. Nos bastonetes essa substância é a rodopsina: ao ser estimulada pela energia luminosa, provoca modificações eléctricas na membrana das células produzindo um potencial de acção. A carência da vitamina A provoca **cegueira noturna**.

## Ouvido

Tanto o sentido do equilíbrio como o da audição dependem da acção de mecanorreceptores, células dotadas de pêlos que detectam a movimentação de partículas sólidas ou de líquido. Nos vertebrados, esses mecanorreceptores estão localizados no **ouvido**.

O ouvido é representado por três regiões, chamadas **ouvido externo**, **ouvido médio** e **ouvido interno**.

O ouvido externo é constituído pelo **pavilhão auditivo** e pelo **canal auditivo**. O pavilhão auditivo é uma projecção de pele, sustentada por tecido cartilaginoso. O epitélio que reveste o canal auditivo é rico em células secretoras de cera, cuja função é reter partículas de poeira e microorganismos, protegendo assim as partes internas do ouvido.

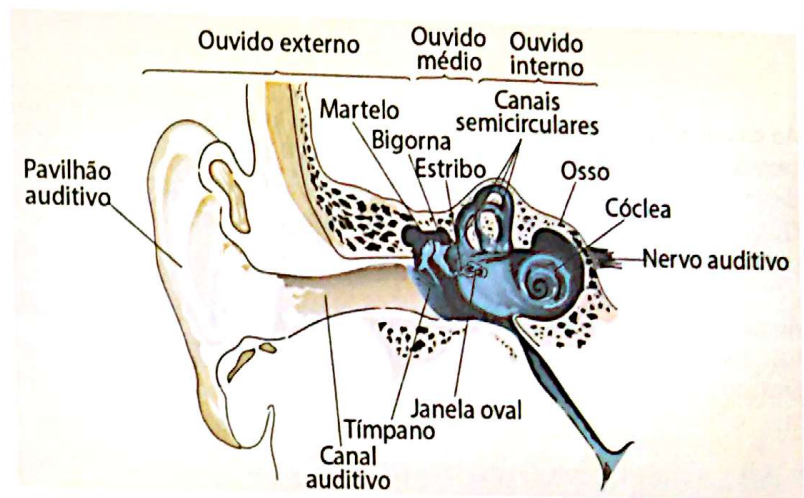


Fig. 93 Constituição do ouvido humano

O **ouvido médio**, separado do ouvido externo pelo **tímpano**, é um canal estreito e cheio de ar. No interior do ouvido médio existem três pequenos ossos, alinhados, em sequência: **martelo**, **bigorna** e **estribo**.

No **ouvido interno** encontram-se a **cóclea** (ou **caracol**) e os **canais semicirculares**.

O pavilhão auditivo funciona como uma concha acústica, que capta os sons e os direciona para o canal auditivo. As ondas sonoras fazem vibrar o ar dentro do canal auditivo e a vibração é transmitida ao tímpano. Esticada como a pele de um tambor, a membrana vibra movendo o osso martelo, que faz vibrar o osso bigorna. Este, por sua vez, faz vibrar o osso estribo. Esses ossos funcionam como amplificadores das vibrações.

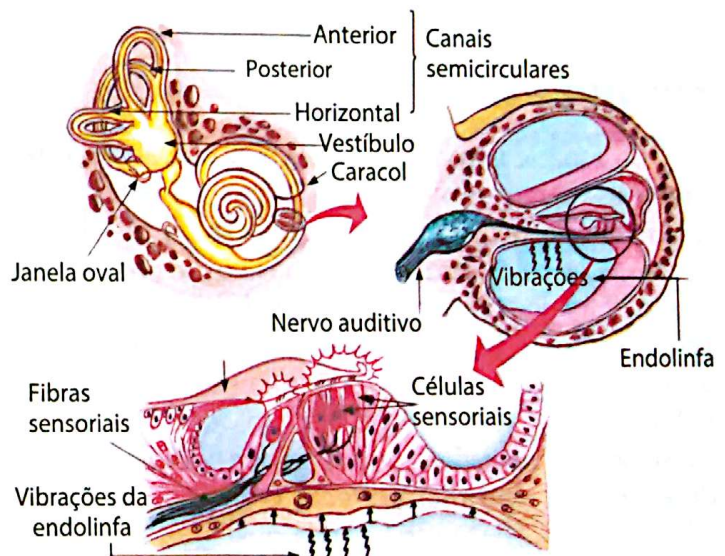


Fig. 94 Funcionamento do ouvido

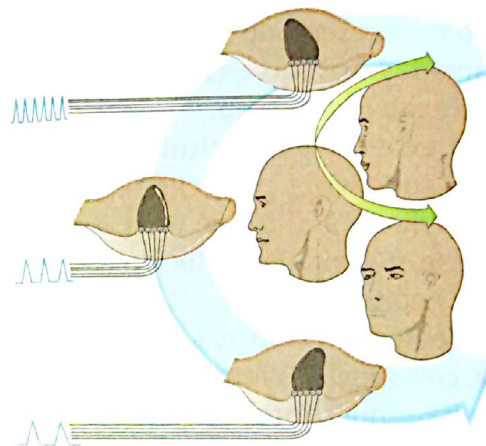


A base do osso estribo conecta-se a uma região da membrana do caracol denominada **janela oval**, e a faz vibrar, comunicando a vibração ao **líquido coclear** (ou **endolinfa**). O movimento desse líquido faz vibrar a membrana basilar e as células sensoriais auditivas. Tais células ficam agrupadas no chamado **órgão de Corti**, ao longo de todo o caracol, e são estimuladas directamente pela pressão que a endolinfa exerce sobre a delicada e flexível membrana desse órgão. Os pêlos que se encontram neste tipo de células geram impulsos nervosos que são transmitidos pelo **nervo auditivo** ao centro de audição do córtex cerebral.

Outra região importante do ouvido é o **labirinto**, formado por uma câmara, o **vestíbulo**, ligada a três canais semicirculares, dispostos em três planos perpendiculares entre si. Na base de cada canal há uma dilatação, a **ampola**, e internamente a ela, grupos de neurónios designados **neuromastos**. O labirinto é também preenchido pela endolinfa, na qual ficam dispersos grânulos de cálcio, os **otólitos**. Eles são os responsáveis pela estimulação directa dos neuromastos quando há uma corrente ou um deslocamento da endolinfa. Em sequência, o ramo vestibular do nervo auditivo leva ao cérebro os impulsos nervosos que possibilitam a percepção dos movimentos e da posição em relação à força da gravidade, facilitando o equilíbrio e a postura do corpo.

Ao girarmos a cabeça para a direita os cílios das ampolas dos canais semicirculares dobras-se para a esquerda, gerando um padrão típico de impulsos nervosos, enviado ao encéfalo através do nervo óptico. Quando a cabeça está parada, as células das ampolas enviam o padrão de impulsos ao encéfalo.

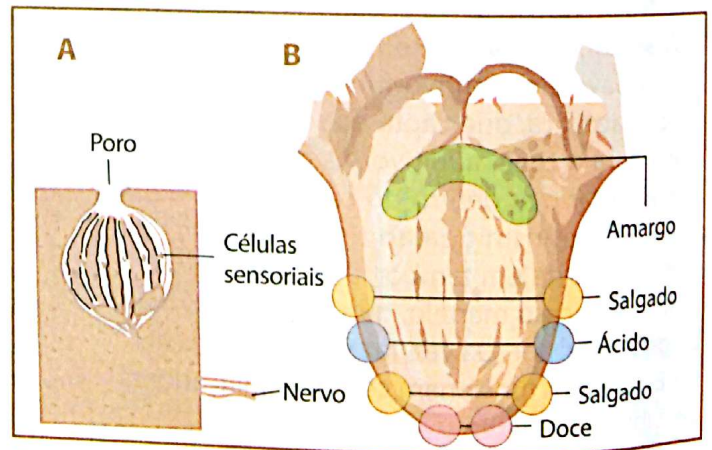
Ao girarmos a cabeça para a esquerda, os cílios das células sensoriais dobras-se para a direita e um terceiro padrão de impulsos é enviado ao encéfalo.



**Fig. 95** Percebe-se a movimentação da cabeça pela estimulação do centro de equilíbrio do encéfalo produzida, através da mudança de inclinação dos cílios das células sensoriais.

## Língua

Na espécie humana os receptores de paladar estão localizados na **língua**, agrupados em pequenas saliências chamadas **papilas gustativas**. Existem quatro tipos de receptores gustativos, capazes de reconhecer os quatro sabores básicos: doce, azedo, salgado e amargo. A superfície livre das células sensoriais tem microvilosidades que ficam agrupadas junto ao poro da papila por onde entra a saliva com as substâncias dissolvidas. Tais substâncias estimulam as células sensoriais quando entram em contacto directo com as suas microvilosidades. De cada papila gustativa sai uma fibra nervosa através da qual o impulso nervoso chega ao cérebro, onde temos consciência do gosto.



**Fig. 96** Papila gustativa (A) e mapeamento dos sabores na língua (B)



## Nariz

O sentido de olfacto é produzido pela estimulação do epitélio olfactivo localizado no tecto das **cavidades nasais**. Acredita-se que as moléculas de odor, que se difundem no ar, atinjam e se encaixem em receptores da membrana dos pêlos sensoriais, o que estimula a célula. Existem alguns tipos básicos de células de olfacto, cada uma com receptores para um tipo de odor. Os milhares de tipos de diferentes cheiros que uma pessoa consegue distinguir resultariam da integração de impulsos gerados numa região localizada do cérebro que constitui o centro olfactivo.

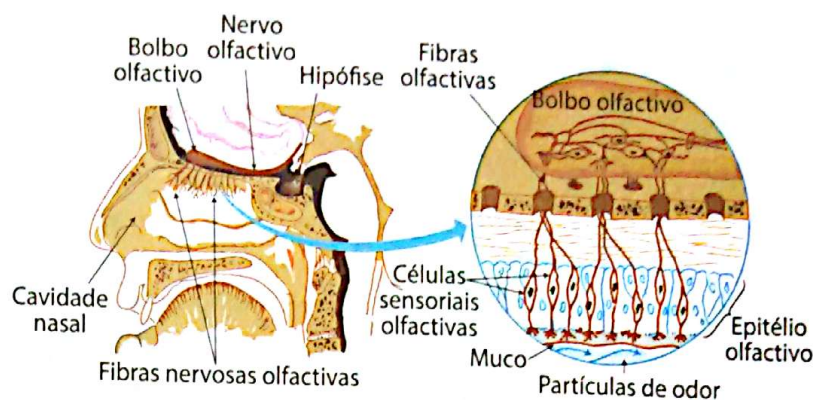


Fig. 97 Epitélio olfactivo e a sua conexão com os nervos olfactivos



## Ficha Informativa

Os alimentos, ao penetrarem na boca, libertam odores que se espalham pelo nariz. Por exemplo, é comum uma pessoa dizer que não sente o sabor dos alimentos quando estes estão frios, contudo, se se fizer um teste nas suas papilas gustativas na língua, estas se apresentariam normais e em plena função. As sensações olfactivas funcionam ao lado das sensações gustativas, auxiliando no controlo do apetite e da quantidade de alimentos que são ingeridos. O contrário também é válido. Por exemplo, ao queimar-se a língua com algum alimento muito quente, o paladar ficará comprometido, enquanto as percepções olfactivas se mantêm inalteradas. Outro caso seria a famosa expressão «de dar água na boca». Somente o cheiro do alimento é capaz de activar o córtex cerebral, que passa a modular a secreção salivar na iminência de se ingerir aquele alimento.

## Pele

A **pele** é o maior órgão sensorial do ser humano. Recebe diversos tipos de estímulos que são enviados ao encéfalo. Há uma grande área cerebral responsável pela coordenação das funções sensoriais da pele, em particular das mãos e dos lábios.

Muitos dos receptores sensoriais da pele são terminações nervosas livres. Algumas delas detectam a dor, outras detectam o frio e outras o calor.

As terminações de alguns neurónios ficam associadas a folículos de pêlos, sendo estimuladas quando os pêlos se dobram. Há também terminações nervosas na pele associadas ao tecido conjuntivo, formando mecanorreceptores **como os corpúsculos de Meissner**, os **discos de Merkel** e os **corpúsculos de Pacini**.

Os corpúsculos de Meissner (receptores de tacto) e os discos de Merkel (receptores de pressão) estão presentes nas regiões mais sensíveis da pele, tais como a ponta dos dedos, a palma das mãos, os lábios e os mamilos.

Os corpúsculos de Pacini (receptores de dor) estão localizados nas regiões mais profundas da pele. Cada corpúsculo de Pacini é formado por terminações de um neurónio envoltas por camadas concêntricas de tecido conjuntivo e líquido.



Pressões ou vibrações na pele deformam o envoltório conjuntivo, causando a estimulação das terminações nervosas.

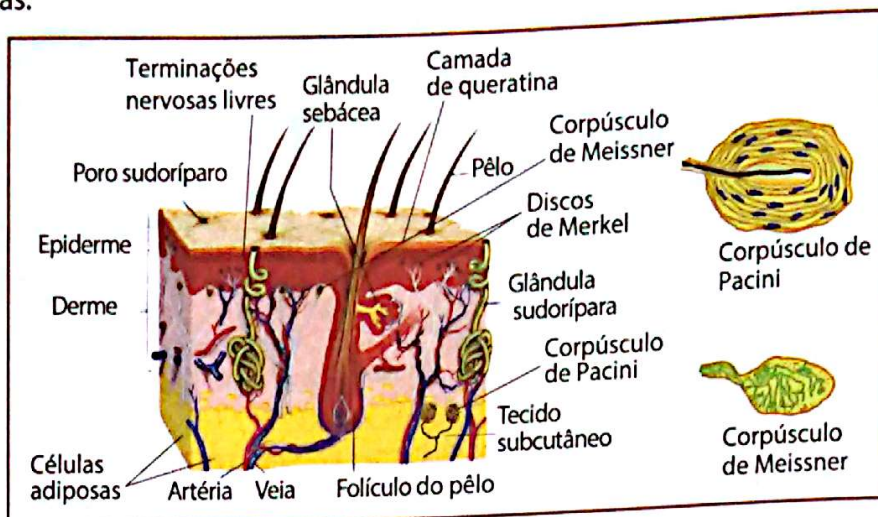


Fig. 98 Constituição da pele externa e as suas células sensoriais



## Actividade

### Reflexo da pupila

O tamanho da pupila varia de acordo com a luminosidade do ambiente. Na escuridão, as pupilas dilatam-se; em ambientes iluminados elas contraem-se, de modo a regular a quantidade de luz que penetra nos olhos.

#### Material

Lanterna, vela ou candeeiro e espelho de relógio

#### Procedimento de segurança

Utilize cuidadosamente a fonte luminosa para não aleijar o olho.

#### Procedimento

1. Sente-se num quarto sem iluminação artificial e observe o tamanho da pupila dos seus olhos através do espelho.
2. Acenda uma fonte luminosa (por exemplo candeeiro, vela, luz eléctrica).
3. Sente-se perto da fonte luminosa e mantenha um olho fechado com uma mão e o outro aberto. Permaneça assim durante 5 minutos.
4. Abra o olho que estava fechado e observe o tamanho da pupila deste olho utilizando também o espelho.
5. Compare o tamanho da pupila do olho que estava aberto com o tamanho da pupila do olho que estava fechado.
6. Interprete os resultados obtidos.

### Concentração dos receptores na pele

Milhões de terminações das células sensoriais estão espalhadas na pele. Algumas regiões são mais sensíveis, outras menos.

#### Material

Cubos de gelo, copos de plástico, água quente, régua, cliques de metal, prego ou agulha, papel, pano ou lençol, compasso, alfinetes, tesoura, cartolina e caneta de feltro.





**Procedimento de segurança**

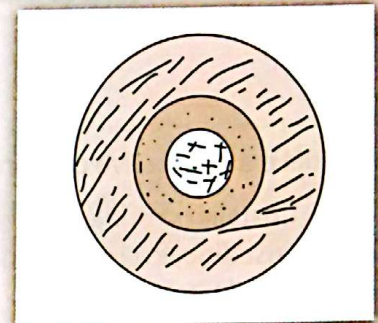
Utilize cuidadosamente os objectos cortantes.

**Procedimento 1**

1. Desenhe uma pequena grelha na mão de um colega e quatro grelhas iguais no papel.
2. Aqueça um clipe em água quente e arrefeça outro no gelo.
3. Feche os olhos do seu colega com um pano.
4. Toque em cada quadrado da pele da palma da mão com o clipe quente.
5. Registe na grelha de papel onde o seu colega sente o calor do clipe.
6. Repita a mesma operação com o clipe frio.
7. Desenhe a grelha em diferentes partes do corpo (por exemplo antebraço, ponta do dedo, costas, bochechas) e repita as operações descritas.
8. Registe os dados e interprete os resultados obtidos.

**Procedimento 2**

1. Com a régua e o compasso, desenhe três círculos com diâmetros de 3, 6 e 9 cm, respectivamente.
2. Recorte o círculo maior e pinte as três zonas.
3. Peça a um colega que tape os olhos com um pano.
4. Fixe alguns alfinetes do círculo central (certifique se as cabeças dos alfinetes estão niveladas).
5. Pressione suavemente com as cabeças dos alfinetes no antebraço. (Atenção: as cabeças devem tocar na pele ao mesmo tempo).
6. Pergunte ao seu colega quantos alfinetes é que sente.
7. Repita a experiência, fixando os alfinetes na zona média e na zona exterior do círculo e tocando com as cabeças dos alfinetes na extremidade do polegar (ou qualquer outro dedo da mão) e na palma da mão.
8. Volte a perguntar-lhe quantos alfinetes sente.
9. Registe os resultados e interprete-os.



Círculos para fixação dos alfinetes

**Qualidades do sabor**

Alguns sabores são tão fortes que inibem os outros sabores, mesmo quando são em pequena quantidade.

**Material**

Quatro (4) copos, água, colher de chá, sal e açúcar

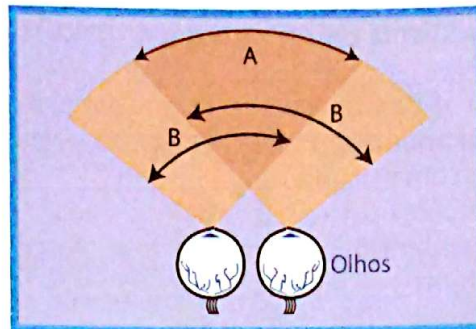
**Procedimento**

1. Deite uma colher de chá de sal em cada copo e misture com água. Junte meia colher de açúcar no primeiro copo, uma no segundo copo, uma e meia no terceiro copo e duas no quarto.
2. Peça ao seu colega para provar a mistura de cada copo, começando pelo que tem menos açúcar. Ele deve tentar descobrir se a água contém mais uma substância do que o sal.
3. Experimente com outros colegas e descubra qual deles tem o gosto mais apurado.

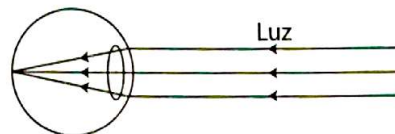




1. Indique a importância dos órgãos dos sentidos.
2. Esquematize o olho humano indicando a córnea, o cristalino, a íris, a pupila, o nervo óptico e a retina.
3. Cite uma situação em que observa a acomodação visual.
4. Na figura que se segue estão indicados os campos de visão monocular e binocular no ser humano.



- a) Quais são as letras que os indicam?
  - b) Por que é importante a visão binocular?
5. No desenho está representada a chegada de raios luminosos ao globo ocular de um mamífero superior e a formação da convergência pelo a) \_\_\_\_\_ até o foco na b) \_\_\_\_\_, o que proporciona uma visão c) \_\_\_\_\_.



Qual é a alternativa que preenche correctamente os espaços dados na frase acima?

- I. Cristalino, retina, normal
  - II. Cristalino, esclerótica, normal
  - III. Pupila, retina, normal
  - IV. Pupila, retina, anormal
  - V. Pupila, esclerótica, anormal
6. Compare cones e bastonetes.
  7. Na espécie humana, a cor dos olhos deve-se à pigmentação da:  
a) Retina.                      b) Córnea.                      c) Íris.  
d) Pupila.                      e) Cristalino.
  8. Descreva a transmissão sonora desde o ouvido externo até ao cérebro.
  9. Indique a importância do tímpano e dos pequenos ossos do ouvido médio na audição.
  10. O caracol é um órgão sensitivo responsável por:  
a) Audição.                      b) Visão.                      c) Tacto.  
d) Paladar.                      e) Olfacto.
  11. No organismo humano os receptores sensoriais responsáveis pelos sentidos do paladar e do olfacto podem ser classificados como:  
a) mecanorreceptores.  
b) quimiorreceptores.  
c) fotorreceptores.  
d) termorreceptores.



# Sistemas reprodutores

Todos os seres vivos têm uma vida limitada. Para assegurar a continuidade da vida (ou da existência das espécies), todos os seres vivos têm de se reproduzir. Se os seres vivos não deixassem descendentes, as diferentes espécies desapareceriam.

Através da **reprodução** são gerados novos indivíduos para substituir os que morrem.

Chama-se reprodução à função que garante a transmissão da vida de geração em geração.

Na Natureza, os processos de reprodução são muito variados. Entre estes, os tipos de reprodução animal são: **reprodução assexuada** e **sexuada**.

Na **reprodução assexuada**, o novo ser surge a partir de uma ou mais células de um indivíduo só.

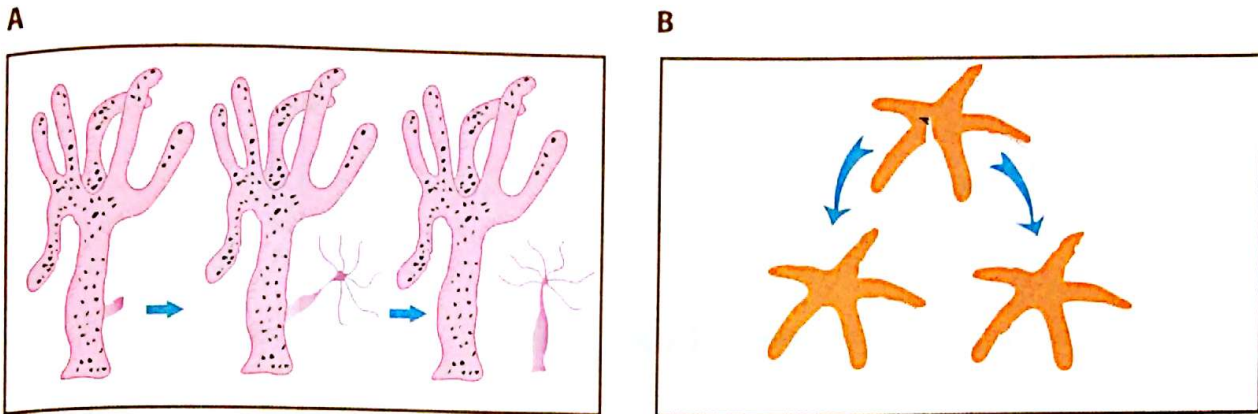


Fig. 99 Reprodução assexuada na hidra (A) e nas estrelas-do-mar (B)

Na hidra, por exemplo, formam-se **brotos** (também chamados **gemas**) no indivíduo, os quais se diferenciam em novos organismos e posteriormente se destacam, passando à vida independente.

Um outro tipo de reprodução assexuada decorre a partir de **fragmentos** de um animal. As estrelas-do-mar têm grande capacidade de regeneração (substituição de uma parte em falta) podendo originar um indivíduo completo a partir de um único braço.

A **reprodução sexuada** é o modo mais comum de reprodução de animais. Neste tipo de reprodução, o acasalamento, ou seja, o contacto sexual entre dois indivíduos de sexo diferente (um macho e uma fêmea) é frequente.

Animais com sexos separados são animais **dióicos**. No entanto, existem também animais **monóicos**, ou **hermafrodites** em que um mesmo indivíduo produz tanto gâmetas masculinos como gâmetas femininos.

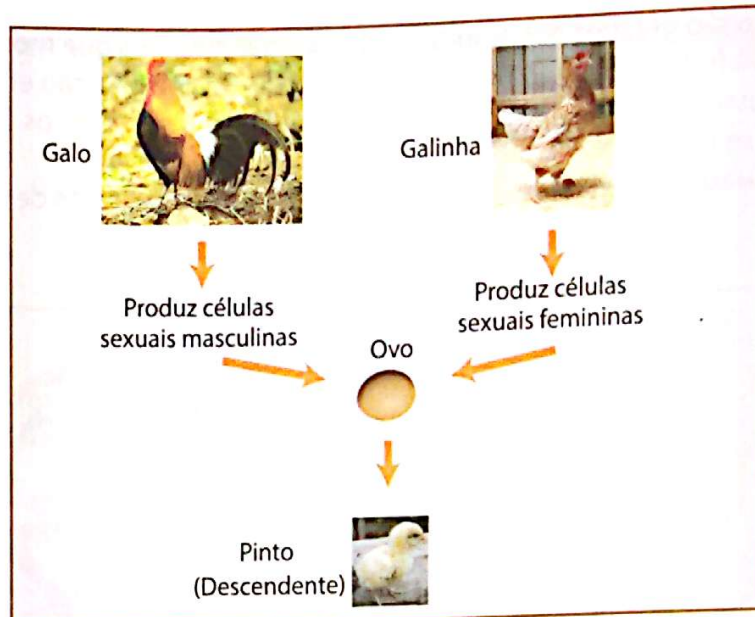
A reprodução sexuada ocorre mediante a **junção de células** sexuais, chamadas **gâmetas**. São células específicas que intervêm na reprodução. Esses gâmetas são produzidos nos indivíduos dos respectivos



Fig. 100 Acasalamento como condição da reprodução sexuada



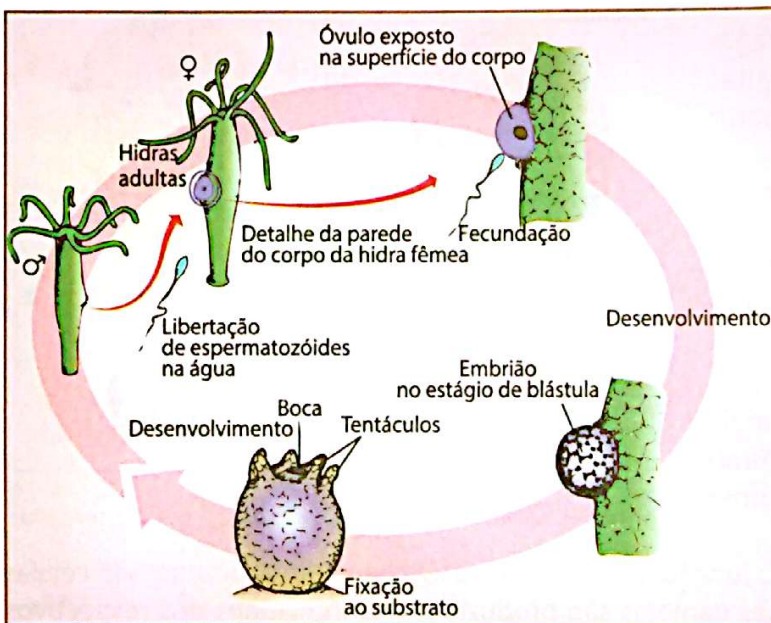
sexos, ou seja, o indivíduo do sexo masculino produz gâmetas masculinos e o indivíduo do sexo feminino produz gâmetas femininos. Para que haja uma união dessas células é necessário que um macho e uma fêmea se unam através do **acasalamento**. Certos órgãos do aparelho reprodutor são responsáveis pela produção de gâmetas masculinos e gâmetas femininos.



**Fig. 101** As células sexuais masculinas e femininas devem juntar-se para garantir a continuidade da vida.

## Comparação dos sistemas reprodutores dos invertebrados

Neste capítulo serão mencionados e descritos apenas alguns exemplos dos aparelhos reprodutores existentes em alguns invertebrados.



**Fig. 102** Reprodução assexuada na hidra

As **hidras** são **hermafroditas**. Alguns testículos e apenas um ovário são formados, em épocas desfavoráveis do ano.

O único óvulo produzido é retido no ovário. Os espermatozoides são libertados na água, e vão à procura do óvulo. A fecundação ocorre no corpo da hidra, o zigoto é formado e circundado por uma espessa casca quitinosa e, após um certo tempo, o embrião, envolvido pela casca protectora, destaca-se do corpo da hidra e permanece na casca durante toda a época desfavorável. Com a chegada da época favorável, esta casca se rompe e emerge a pequena hidra que cresce normalmente até sua fase adulta. Não há larva, sendo assim o seu **desenvolvimento é directo**.



As **planárias** são também seres **hermafroditas**. Dois animais copulam e a fecundação ocorre internamente.

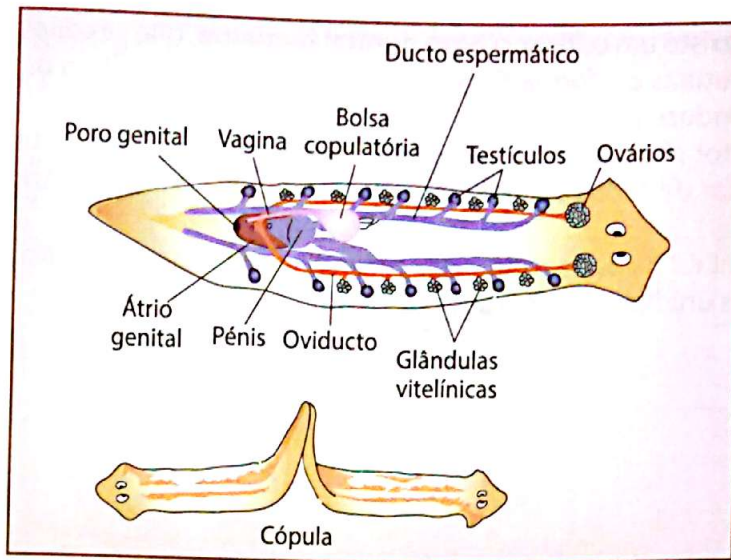


Fig. 103 Sistema reprodutor da planária e processo de cópula

A maioria dos **nematelmintes** é **dióica**. As fêmeas apresentam um par de ovários longos e finos. Cada ovário continua por um fino oviducto, ao qual se segue um útero mais grosso. Os dois úteros desembocam na vagina que se comunica com o exterior através do poro genital feminino situado na região ventral.

Os machos possuem um testículo único, longo e fino, ligado a um conducto deferente, que desemboca na vesícula seminal. Esta armazena os espermatozóides produzidos no testículo e abre-se na mesma câmara onde desemboca o intestino. A abertura comum ao sistema reprodutor e digestivo recebe o nome de **cloaca**. Na cloaca existem duas formações semelhantes a **espinhos**, as **espículas peniais**, importantes para manter macho e fêmea unidos durante o acto sexual.

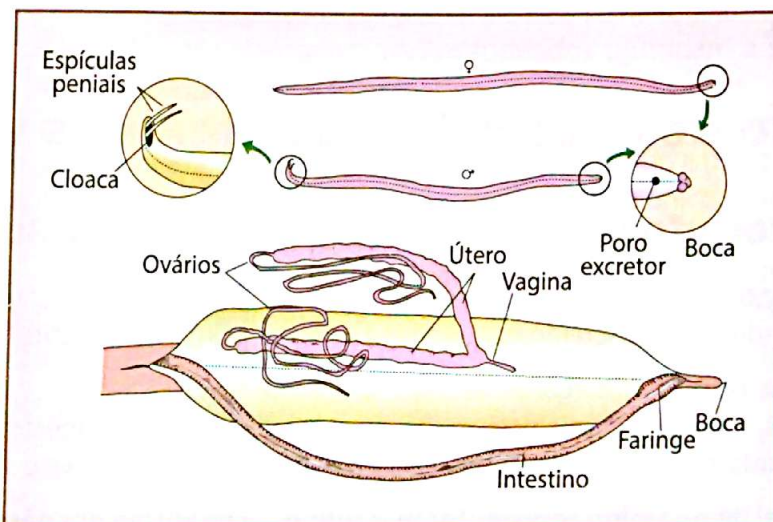


Fig. 104 Aparelho reprodutor das lombrigas (nematelmintes)

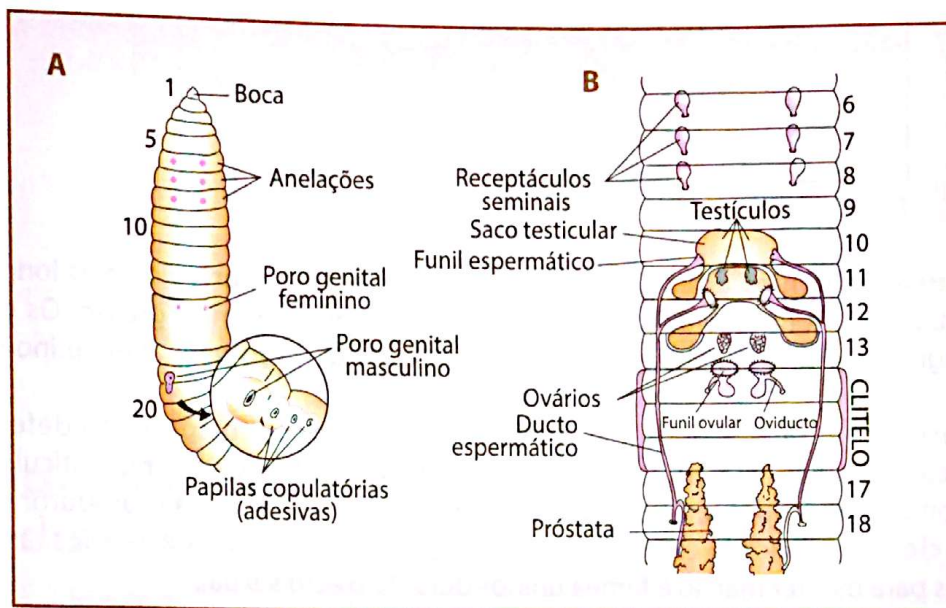


Na fêmea da minhoca (**anelídeo**) existem na face ventral dos segmentos 6, 7 e 8 três pares de orifícios. Cada orifício é a abertura de uma bolsa muscular denominada **receptáculo seminal**. Os receptáculos seminais armazenam os espermatozóides recebidos de um parceiro durante o acto sexual.

Na região do clitelo existe um orifício, o **poro genital feminino**, que se conecta, internamente, a um tubo através de duas estruturas em forma de funil, os **oviductos**. Estes captam os óvulos produzidos por um par de ovários e os conduzem até ao poro genital feminino.

O aparelho reprodutor masculino da minhoca consiste em dois pares de testículos, dois pares de vesículas seminais, um par de tubos seminíferos, um par de glândulas prostáticas e um par de poros genitais masculinos.

Junto aos poros genitais, na parte externa do corpo, existem estruturas (**papilas genitais**), cuja função é manter as minhocas unidas durante o acasalamento.



**Fig. 105** Vista externa da face ventral da minhoca, mostrando a localização das diversas aberturas do sistema reprodutor (A). Estrutura interna dos órgãos que compõem o sistema reprodutor (B).

## Comparação dos aparelhos genitais dos vertebrados

### Sistema reprodutor masculino e feminino no ser humano

Apesar do aparelho reprodutor da fêmea ser diferente do do macho, a organização geral de ambos é parecida. Tanto no indivíduo masculino como no feminino os principais constituintes são:

- As **gónadas**, que produzem os gametas.
- As **vias genitais**, que permitem a deslocação e a sobrevivência dos gametas.
- Os **órgãos sexuais** externos, que são necessários para que aconteça o acto sexual.

A função principal do **aparelho reprodutor masculino** é a produção dos **gametas masculinos**.

No entanto, o homem, ao contrário da mulher, possui algumas glândulas anexas ao seu aparelho reprodutor.



Para garantir esta função, o aparelho reprodutor é constituído por:

- Duas gónadas: os **testículos**
- Vias genitais: o **epidídimo**, os **canais deferentes** e a **uretra**
- Órgão sexual externo: o **pénis**
- Glândulas anexas: a **próstata** e as **vesículas seminais**

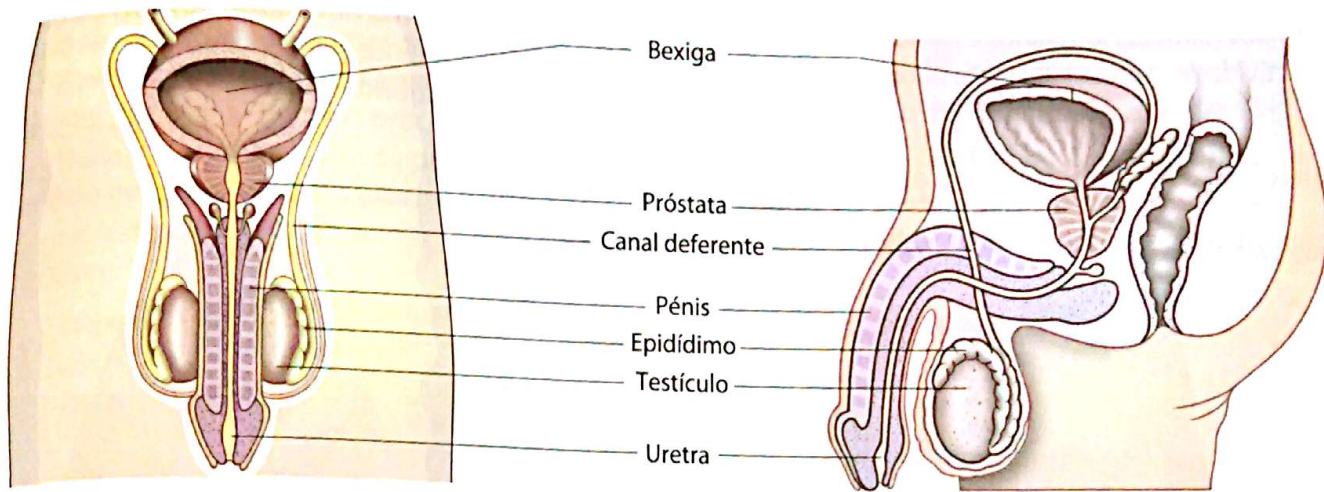


Fig. 106 Aparelho reprodutor masculino

As **gónadas** do aparelho reprodutor masculino são formadas por dois **testículos**. Os testículos são glândulas endócrinas que têm a forma ovalada com cerca de 4 a 5 cm de diâmetro. Eles situam-se dentro de uma bolsa – o **escroto**. Em cada testículo são produzidos os **gâmetas masculinos (espermatozóides)** e as **hormonas sexuais**.

Os testículos humanos, por estarem localizados no escroto, permanecem a uma temperatura cerca de 2 a 3 °C abaixo da temperatura corporal, o que é necessário para que os gâmetas masculinos sejam formados normalmente e se mantenham com a vitalidade desejável.

As **vias genitais** são os canais por onde os gâmetas se deslocam.

Os tubos longos e finos que constituem os testículos comunicam com o **epidídimo**.

O epidídimo é uma estrutura de aspecto esponjoso e localiza-se na região superior de cada um dos testículos. É o local onde os gâmetas masculinos recém-formados terminam a sua maturação e ficam armazenados até à sua eliminação durante o acto sexual.

Os gâmetas masculinos saem do epidídimo para os **canais deferentes**. Estes canais são dois tubos musculosos, longos e muito enrolados que sobem para o abdómen contornando a bexiga urinária. Sob a bexiga, os canais deferentes provenientes de cada testículo fundem-se num tubo único, que desemboca na **uretra**.

A uretra, portanto, é um tubo comum aos aparelhos reprodutor e urinário do homem.

O **pénis** é o órgão sexual externo. Tem uma forma cilíndrica e está suspenso na parte baixa do abdómen. Pode variar no seu tamanho de homem para homem. A região anterior do pénis forma a **glande** (a «cabeça» do pénis), onde a pele é fina e apresenta muitas terminações nervosas, o que determina grande sensibilidade à estimulação sexual. A glande é recoberta por uma prega protectora da pele chamada **prepúcio**, às vezes removida cirurgicamente (intervenção designada por circuncisão).

O pénis é o órgão que permite o acto sexual, durante o qual lança na vagina da mulher os gâmetas masculinos.

As **glândulas anexas** não fazem parte do aparelho reprodutor masculino, mas desempenham um papel importante na produção de substâncias específicas que tornam o esperma mais fluido, facilitando a viagem dos gâmetas masculinos.

O homem possui algumas glândulas anexas ao seu sistema reprodutor – a **próstata** e as **vesículas seminais**.



A próstata, localizada sob a bexiga urinária, é a maior glândula anexa do aparelho reprodutor masculino.

As vesículas seminais são duas glândulas localizadas atrás e sob a bexiga urinária.

Cada uma dessas glândulas produz secreções, cuja função principal é manter os gametas masculinos vivos. As secreções das glândulas anexas e os gametas masculinos formam um conjunto chamado **esperma**.

Uma das funções principais do **aparelho reprodutor feminino** é a produção dos **gametas femininos (óvulos)**. Além desta função, este aparelho fornece o local apropriado para a ocorrência da **fecundação** (junção dos gametas femininos e masculinos), permite a implantação e o desenvolvimento do novo ser e executa a actividade motora suficiente para expelir (expulsar) o novo indivíduo durante o nascimento.

Para realizar estas funções, o aparelho reprodutor feminino é constituído por:

- Duas gónadas: os **ovários**
- Vias genitais: **trompas, útero e vagina**
- Órgão sexual externo: a **vulva**

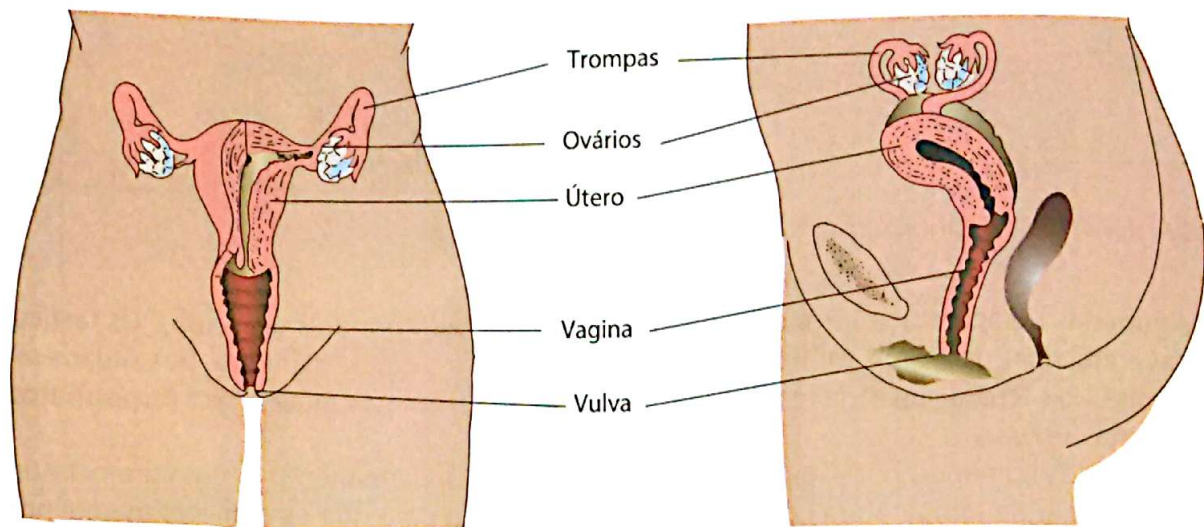


Fig. 107 Constituição do aparelho reprodutor feminino

As **gónadas** do aparelho reprodutor feminino são formadas por dois **ovários**. Os ovários são glândulas endócrinas que têm a forma e o tamanho de uma pequena amêndoa, situadas no abdómen. A sua função é a de produzir os gametas femininos e as hormonas sexuais.

As **vias genitais** são os canais por onde os gametas se deslocam.

As **trompas** têm cerca de 10 cm de comprimento. Cada trompa possui duas extremidades: uma é mais larga, com muitas franjas e rodeia o ovário. Esta estrutura é chamada **pavilhão da trompa** e tem a função de receber o gameta feminino libertado pelo ovário. A outra extremidade, que é designada como **oviducto**, é responsável por impelir (transportar) o gameta feminino até ao útero.

O **útero** é um órgão musculoso e oco, de tamanho e forma aproximados aos de uma pêra. É neste órgão que o novo ser se desenvolve em caso de gravidez. O útero comunica através de uma abertura estreita chamada **colo do útero** com a **vagina**, uma conduta larga que comunica com o exterior.

A **vagina** é o canal de passagem entre o colo do útero e os órgãos externos (**vulva**) do aparelho reprodutor feminino. Normalmente, a vagina mede 7 a 9 centímetros. Até à primeira relação sexual, a entrada da vagina é parcialmente recoberta por uma fina membrana, o **himen**. Durante o parto a vagina aumenta de tamanho, ficando várias vezes maior que o seu tamanho normal.

A **vulva** é o órgão que permite, por um lado, o acto sexual, por outro, em caso de gravidez, a saída do bebé durante o parto. É composta pelos **pequenos e grandes lábios** e pelo **clítoris**. Os lábios são dobras da pele, protegendo a abertura da uretra e da vagina. O clítoris é um órgão de grande sensibilidade, de aproximadamente 1 a 2 centímetros, e importante no acto sexual.



## Ciclo menstrual e regulação hormonal

Quando as mulheres nascem já têm nos seus ovários, no interior dos pequenos folículos, todas as células reprodutoras de que necessitarão ao longo da sua vida fértil (tempo em que uma mulher pode engravidar) que termina por volta dos cinquenta anos.

A partir da idade que varia entre 11 e 14 anos, mensalmente, um folículo evolui até à fase de folículo maduro acabando por libertar o gâmeta feminino (óvulo). Este processo é **cíclico**. As transformações no ovário são acompanhadas por variações na produção das hormonas sexuais.

Nas mulheres, repetem-se, com certa periodicidade, no seu aparelho reprodutor, os mesmos acontecimentos, facto que dá a esse processo a designação de **ciclo sexual feminino**.

Dado que em cada ciclo os principais fenómenos ocorrem no ovário e no útero, considera-se existir um **ciclo ovárico** e um **ciclo uterino**.

Em cada ciclo ovárico, o ovário sofre sucessivas modificações. Essas modificações são divididas em três fases:

- Fase folicular
- Ovulação
- Fase do corpo amarelo

A **fase folicular** dura, em média, 14 dias, durante os quais um folículo pequeno atinge a fase de folículo maduro (**folículo de Graaf**). Nesta fase, as hormonas que as células foliculares produzem são, principalmente, as designadas por **estrogénios**.

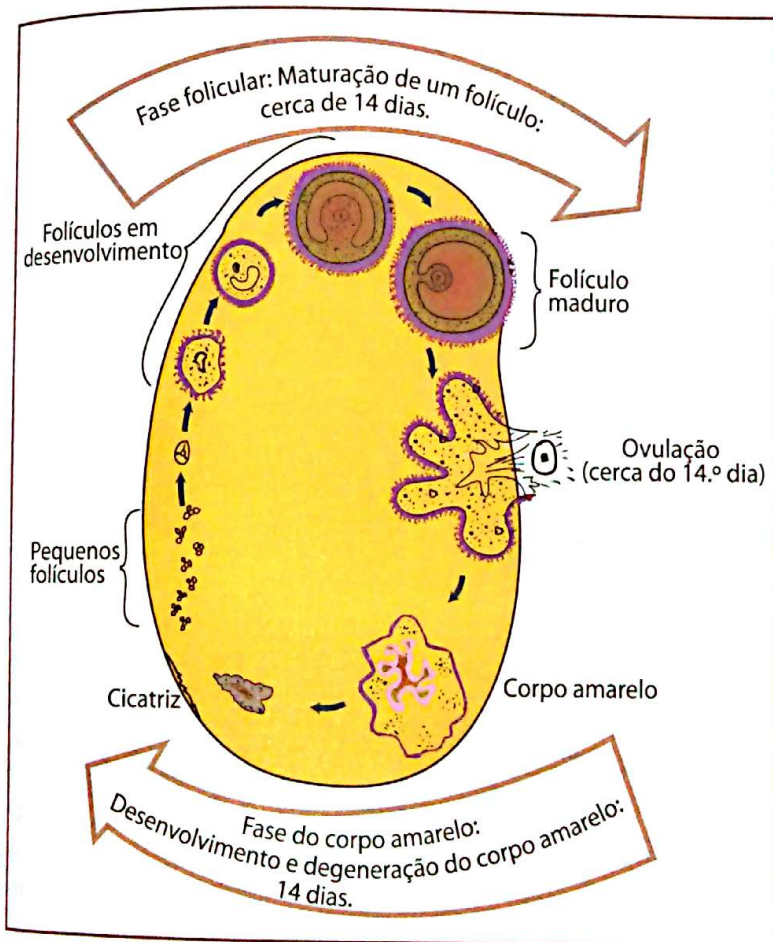


Fig. 108 Ciclo ovárico

Geralmente, a ovulação acontece por volta do 14.º dia do ciclo. Nesta altura do ciclo, o folículo está maduro e encostado à parede do ovário. A parede rompe-se e o gâmeta feminino que está dentro do folículo é libertado. Este gâmeta é captado pelo pavilhão da trompa e encaminhado para o oviducto.

Na **fase do corpo amarelo**, o folículo que produziu o óvulo transforma-se num corpo amarelo. Nesta fase, que dura em média 14 dias, o corpo amarelo produz, além de uma pequena quantidade de hormona estrogénio, a outra hormona sexual, a **progesterona**.

No final desta fase, o corpo amarelo começa a desfazer-se, deixando no ovário uma pequena cicatriz. Mas, se houver gravidez, o corpo amarelo mantém-se durante três meses.



# UNIDADE 3

Como o nome indica, o ciclo uterino decorre no útero. O útero é um órgão musculoso e oco. O interior do útero é revestido por uma mucosa (tecido enriquecido com muitos vasos sanguíneos) chamada **endométrio** que também possui glândulas.

À semelhança do ciclo ovárico, o ciclo uterino dura em média 28 dias e pode ser dividido em três fases:

- Fase menstrual
- Fase reparativa
- Fase progestativa

A **fase menstrual** marca o início do ciclo uterino e tem a duração média de 5 dias. Nesta fase, grande parte do endométrio é destruída. A porção do endométrio destruída é expelida juntamente com uma certa quantidade de sangue que resulta da dilatação e do rebentamento dos vasos sanguíneos existentes no endométrio. Este processo é chamado **menstruação**. É uma pequena hemorragia, que pode durar entre três e oito dias (varia de mulher para mulher).

A duração da fase **reparativa**, é de cerca de 9 dias e é caracterizada pela reparação do endométrio que quase desapareceu na última menstruação. Nesta fase formam-se numerosas glândulas e começam a ser reconstituídos os vasos sanguíneos.

Na **fase progestativa**, que dura em média 14 dias, o endométrio continua a desenvolver-se até atingir a sua espessura máxima de cerca de 5 mm. As glândulas e os vasos sanguíneos atingem igualmente o máximo de desenvolvimento. Deste modo, o útero está pronto para receber e alojar nessa camada «fofa e esponjosa» um embrião. Na ausência do embrião, a camada do endométrio degenera (desaparece) iniciando-se, assim, um novo ciclo uterino com a fase menstrual.

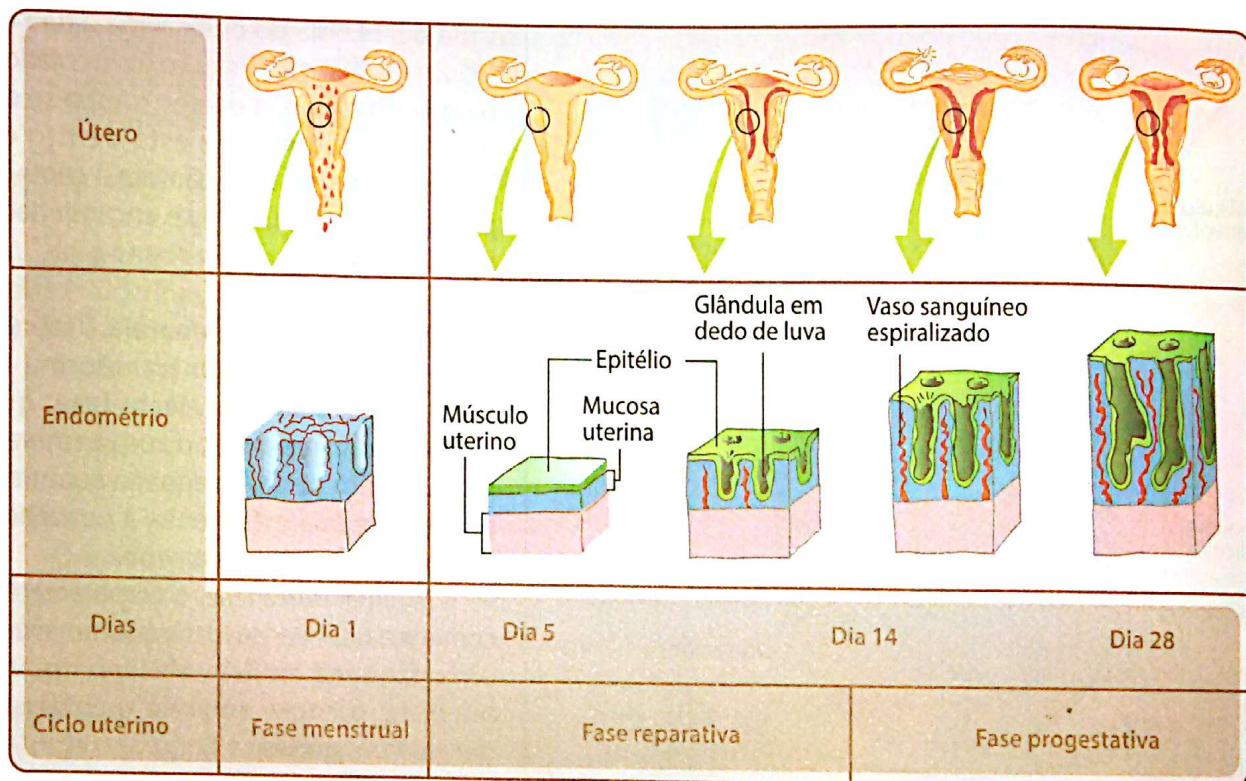


Fig. 109 Ciclo uterino



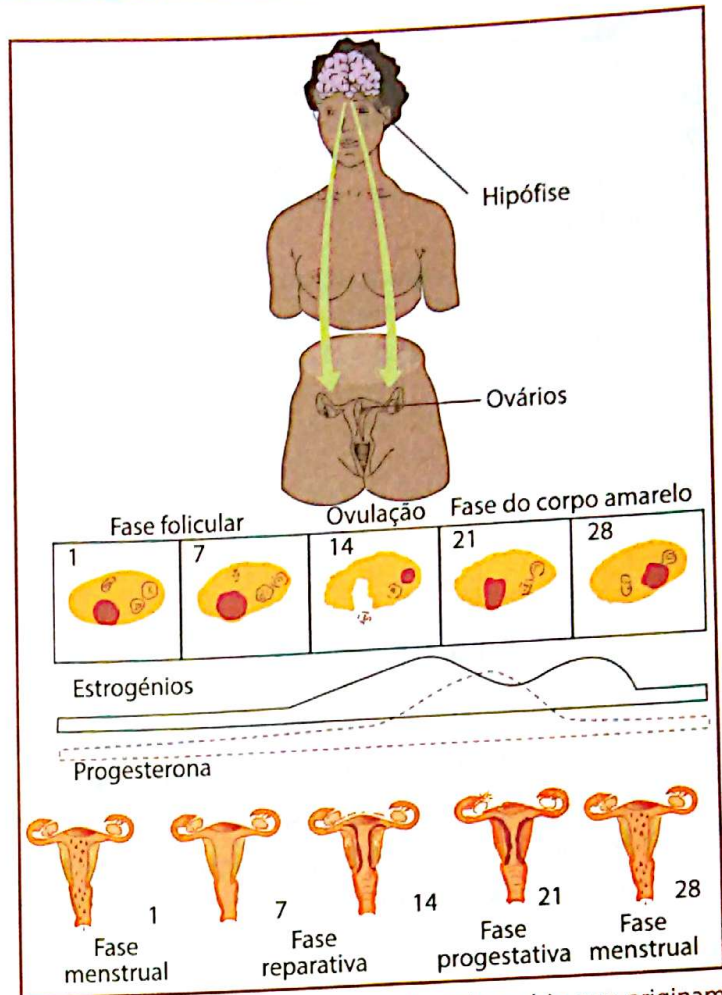
Bouma

Várias experiências permitem concluir que são os ovários os responsáveis pelo funcionamento do útero.

No entanto, existe uma relação entre os ciclos ovário e uterino.

O ovário lança no sangue as **hormonas ováricas**, que são o **estrogénio** e a **progesterona**. Essas hormonas são transportadas pelo sangue até ao útero, comandando aqui as transformações do endométrio, ou seja, o ciclo uterino.

Durante a fase folicular (1.º até 13.º dia), os estrogénios produzidos em quantidade crescente pelo folículo em desenvolvimento estimulam o crescimento da mucosa uterina. Multiplica-se o número das glândulas e observa-se um aumento de irrigação sanguínea. Isto, como também já aprendeu, corresponde à fase reparativa do útero.



**Fig. 110** São as hormonas segregadas pelo ovário que originam as modificações que ocorrem no útero.

Posteriormente à ovulação (após o 14.º dia), durante a fase do corpo amarelo (15.º até 28.º dia), há uma percentagem elevada de progesterona. Isto provoca a continuação do crescimento do endométrio até completar a fase progestativa. Se não há implementação do embrião, a concentração das hormonas estrogénio e progesterona baixa, a mucosa uterina escama e ocorre a menstruação (fase menstrual).

A seguir à menstruação, o teor das hormonas volta a subir e os fenómenos repetem-se do mesmo modo.

## Métodos anticonceptivos

O ciclo menstrual varia de uma rapariga ou mulher para a outra. O número médio de dias de um ciclo é de 28 dias, podendo, no entanto, variar de 21 a 35 dias. É importante que todas as raparigas e mulheres conheçam o seu ciclo para poderem determinar o seu período fértil, isto é, o período em que podem engravidar. A gravidez é uma grande responsabilidade. Muitas vezes, as jovens engravidam, quando não estão preparadas, nem psicológica nem emocionalmente, para poderem assegurar tudo aquilo de que um bebé irá necessitar.

Um dos passos mais importantes para evitar uma gravidez não desejada é o de conhecer o ciclo sexual, ou seja, determinar o **período fértil** na mulher.

Uma das formas que permite conhecer e controlar o ciclo sexual bem como o período no qual uma mulher pode contrair gravidez, baseia-se no uso do **método do calendário**.

Este método consiste na marcação do primeiro dia da menstruação da mulher (1.º dia de sangramento) como o primeiro dia do ciclo e o dia anterior ao início da menstruação seguinte como último dia do ciclo.



Vejam os seguintes exemplos:

O primeiro dia de sangramento (menstruação) no mês de Novembro foi no dia 13. No mês de Dezembro a menstruação começou no dia 11. Sendo assim, o primeiro dia do ciclo é o dia 13 de Novembro, enquanto o último dia do ciclo é o 10 de Dezembro. Se contarmos o número de dias entre o primeiro dia de um ciclo e a véspera do outro, teremos o número de dias do ciclo dessa rapariga ou mulher como sendo de 27.

NOVEMBRO							DEZEMBRO						
D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S
				1	2	3							1
4	5	6	7	8	9	10	2	3	4	5	6	7	8
11	12	13	14	15	16	17	9	10	11	12	13	14	15
18	19	20	21	22	23	24	16	17	18	19	20	21	22
25	26	27	28	29	30		23	24	25	26	27	28	29
							30	31					

Fig. 111 Calendário de um ciclo sexual

Baseados na determinação dos dias de um ciclo sexual e nas ocorrências gerais que têm lugar no decurso dos ciclos ovárico e uterino podemos, para o exemplo acima referido, afirmar que:

- De 13 a 17 de Novembro – estará em curso o sangramento (menstruação); neste período, uma mulher, normalmente, **não engravida**. Por isso, esses dias são considerados como dias seguros.
- 18 a 25 de Novembro – cresce o revestimento (espessamento da mucosa) dentro do útero. Esta fase conjuga-se com o crescimento do folículo. Estes dias são **menos seguros**, ou seja, uma mulher pode ou não engravidar.
- 26 de Novembro – é o 14.º dia do ciclo e como já sabe, é o dia provável em que o ovário lança ou liberta um óvulo (ovulação). É o dia **mais fértil**, ou seja, é o dia mais provável em que uma mulher **pode engravidar**.
- 27 a 30 de Novembro – são os dias que correspondem aos 3 dias depois da ovulação. No entanto, são **dias de «risco»**, ou seja, ainda existe uma grande possibilidade de engravidar.
- 1 a 10 de Dezembro – é um período em que há pouca probabilidade de conceber (ficar grávida).

O período em que com maior probabilidade a mulher pode engravidar é o que decorre do 14.º dia após o início da menstruação (**dia de ovulação**) até ao 17.º dia (3 dias depois da ovulação).

Observa-se sempre, depois da ovulação, uma **elevação da temperatura** do corpo da mulher. Por

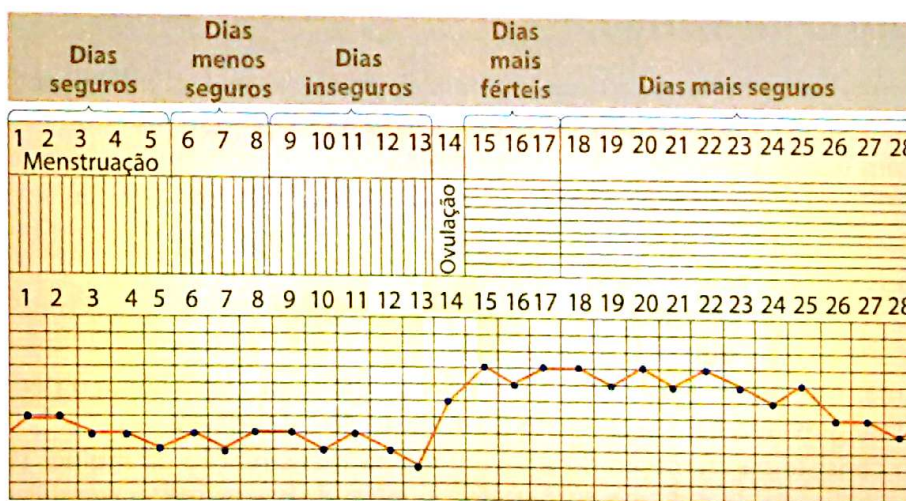


Fig. 112 Relação entre o ciclo sexual e a subida da temperatura corporal



isso, a rapariga ou mulher deve, com ajuda de um termómetro clínico, fazer uma leitura da sua temperatura corporal, lida todas as manhãs antes de se levantar e registá-la. A curva da temperatura permite determinar com uma certa precisão a data da sua ovulação.

Conhecida esta data, é possível definir um «período» em que uma mulher ou rapariga provavelmente não engravida. Este período situa-se cerca de 2 a 3 dias após a subida de temperatura e dura até ao primeiro dia da menstruação.

A utilização deste método obriga a que a rapariga ou mulher esteja muito atenta. Infelizmente há muitas falhas tanto na medição como no registo da temperatura. Por isso, este método não é fiável. Além disso, qualquer doença ou infecção, que provoque aumento de temperatura, torna este método inaplicável.

No entanto, é necessário fazer um registo de pelo menos 8 meses. Em cada mês deve-se registar o número de dias de cada ciclo e depois calcular a média. A partir daí é possível determinar o período fértil. Como se pode ver a partir da figura 112, uma mulher com uma menstruação regular tem um período fértil entre o 13.º e 14.º dias antes da menstruação seguinte. No entanto, esta data pode ser muito variável, o que torna inseguro qualquer cálculo do período fértil.

As hipóteses de erro são ainda maiores no caso de raparigas com menstruações ou ciclos irregulares como acontece frequentemente nos jovens.

Por isso, não se deve confiar completamente nos métodos baseados no cálculo do período fértil em função da duração habitual do ciclo. É melhor aplicar métodos mais seguros.

O **preservativo masculino** é vulgarmente conhecido por camisa de vénus ou camisinha.

O uso da «camisinha» não é seguro por completo. Pode ser falível como também constitui uma protecção contra as doenças sexualmente transmissíveis, incluindo a SIDA. Isto acontece porque o material usado para o fabrico de «camisas de vénus» é de borracha, que é impermeável, o que impede o contacto directo entre os órgãos sexuais dos dois parceiros.

Existe um método que consiste na colocação de um aparelho chamado **dispositivo intra-uterino** na cavidade do útero da mulher. É um objecto de plástico muito pequeno com cerca de três centímetros. A colocação deste aparelho na cavidade uterina deve ser feita pelo médico na unidade hospitalar.

O dispositivo causa irritação na mucosa do útero, alterando assim o endométrio, facto que impede a ocorrência da nidação que, como já sabe, é a implantação do óvulo fecundado nas paredes do útero. Dependendo do tipo de aparelho, ele pode durar 2 a 4 anos no útero da mulher.

As **pílulas** são substâncias sintetizadas em laboratório e a sua composição é semelhante às hormonas sexuais produzidas pelos ovários. A mais comum é uma mistura composta de progesterona e estrogénios sintéticos.

As pílulas são administradas ou tomadas por via oral. A sua acção consiste em impedir a ocorrência da ovulação, pois actuam sobre as hormonas da hipófise. A pílula deve ser tomada todos os dias, geralmente durante três semanas, a partir do quinto dia do início da menstruação. A nova menstruação ocorrerá três dias após a suspensão da ingestão da pílula.

Com o uso da pílula verificam-se as seguintes alterações:

- Ausência da ovulação
- Desenvolvimento anormal do endométrio, o que torna a nidação impossível.
- Espessamento do muco que cobre as vias genitais, o que impede a passagem dos espermatozóides.

Nestas condições não há fecundação, logo não há gravidez.

A pílula é um método seguro, no entanto, o seu uso deve ser acompanhado pelo médico, pois em determinadas pessoas, podem surgir efeitos em paralelo, prejudiciais à saúde, relacionados, por exemplo, com a respiração e o funcionamento do coração. Portanto, deve-se fazer regularmente visitas ao médico.

O **método de injeção** consiste em administrar hormonas sintéticas, ou seja, substâncias químicas sintetizadas em laboratório, de composição semelhante à das hormonas sexuais femininas através de uma injeção. O efeito das hormonas injectadas é semelhante ao das pílulas.



Existem injeções de uso trimestral (uma em cada três meses) e as de uso mensal (uma por mês), que são mais vantajosas que as de uso trimestral, pois causam menos efeitos secundários ou colaterais (prejudiciais).

O **método de coito interrompido** consiste em retirar o pênis da vagina antes da ejaculação. Neste caso, não há encontro entre os gâmetas e logicamente, não há nenhuma hipótese de gravidez. Este método **não é seguro** porque as secreções masculinas eliminadas antes da ejaculação contêm espermatozoides, podendo ocorrer fecundação. Além disso, caso não haja rapidez na retirada do pênis, pode ocorrer a ejaculação ainda dentro da vagina, condição para a fecundação acontecer e, por consequência, a gravidez.

A **abstinência sexual** é diferente dos outros métodos já referidos, uma vez que estes evitam uma gravidez indesejada, mantendo relações sexuais. A abstinência sexual consiste em não ter relações sexuais. É muito usual em jovens, isto é, adolescentes, uma vez que, apesar dos seus órgãos reprodutores estarem já desenvolvidos, ainda não é a altura adequada para ter filhos.

### Gravidez precoce

Uma gravidez na adolescência, que muitas das vezes é considerada como **gravidez precoce**, implica um duplo esforço para a jovem adolescente. A adolescência assume-se como um importante período da vida que corresponde a diferentes tomadas de posição sentidas ao nível social, familiar e também sexual. A puberdade marca o início da vida reprodutiva de rapazes e raparigas, sendo caracterizada por mudanças fisiológicas e psicológicas. Uma gravidez na adolescência implica um duplo esforço de adaptação fisiológica e uma conciliação de duas realidades que convergem num único momento: estar grávida e ser adolescente. Se existiram relações sexuais desprotegidas e a menstruação não apareceu na altura devida, não vale a pena entrar em pânico, mas também não deve ignorar a situação. Deve sim, fazer um teste de gravidez e aí, de acordo com o resultado, reflectir sobre as decisões mais apropriadas, sempre com o apoio de alguém em quem se confia. É essencial considerar que uma criança precisa de afecto, amor e disponibilidade total durante vários anos. Existem muitos serviços anónimos, confidenciais e gratuitos (por exemplo: consultas de atendimento a jovens nos centros de saúde, linhas telefónicas de apoio e encaminhamento nesta área, etc.) que podem ajudar as jovens neste momento difícil.

Essas dificuldades apresentadas pelas jovens grávidas são, de entre outras:

- Dificuldade na relação com os pais (desapontamento, culpas e acusações poderão ocorrer aquando da chegada da notícia).
- Dificuldade na relação consigo própria, na integração da gravidez e da expectativa da maternidade nos seus projectos e interesses de adolescente.
- Receio de possíveis alterações no relacionamento com o seu namorado.
- Dificuldade em conseguir gerir a relação com o seu grupo de amigos.
- Dificuldade em encontrar um espaço onde se sinta confortável para falar sobre os seus medos e dúvidas face à situação vivida.

Se a família e as pessoas mais próximas da adolescente que engravida forem capazes de acolher a notícia com compreensão, harmonia e respeito, a gravidez tem maior possibilidade de decorrer sem problemas e até de forma gratificante. A jovem deve ser apoiada na tomada de decisões e o seu bem-estar afectivo é fundamental. A adolescente tem necessidade de exprimir e partilhar sentimentos sem se sentir julgada, antes compreendida e aceite. Deverá possuir conhecimentos que lhe permitam compreender a maternidade e aceitar as mudanças corporais inerentes. Para isso, deverá ser inserida num programa de cuidados pré-natais adequados. A gravidez na adolescência é, enfim, um problema que deve ser levado a sério e que não deve ser subestimado nem pelos adolescentes, nem pelos educadores e professores. É possível manter os comportamentos normais na adolescência, continuar a sair com os amigos e namorar, mas de forma diferente, mais ponderada.



## Fisiologia do parto

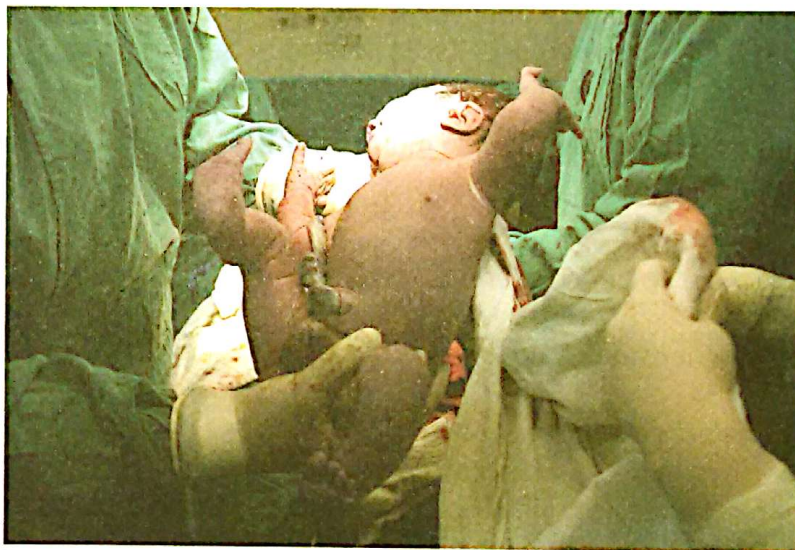
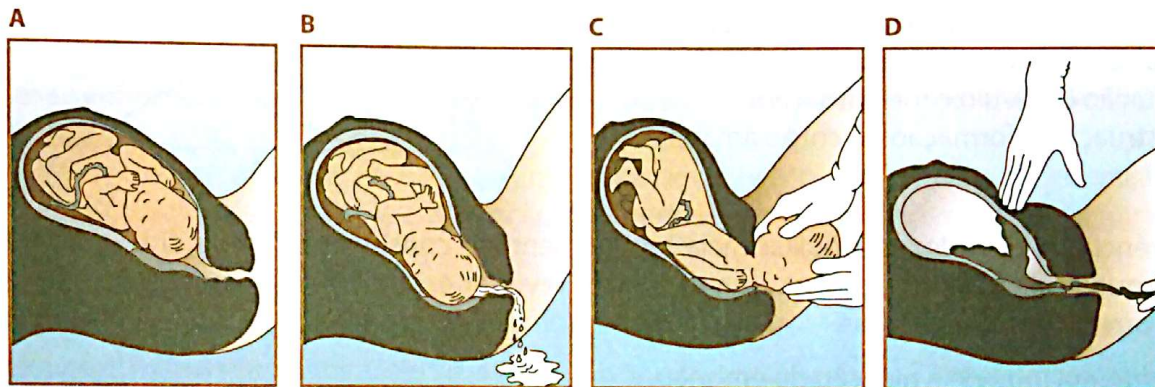
O parto consiste na expulsão do feto pelo útero e ocorre ao fim do nono mês de gravidez, cerca de 266 dias após a fecundação. Nessa época o feto humano mede cerca de 50 centímetros de comprimento e pesa, em média, entre 3 e 3,5 kg.

No momento do parto, o colo do útero dilata-se e a musculatura uterina passa a contrair-se ritmicamente (figura 113A). A aceleração das contrações uterinas é estimulada pela hormona ocitocina. A bolsa amniótica rompe-se e o líquido nela contido extravasa pela vagina (113B). O feto, com a cabeça voltada para baixo, é empurrado para fora do útero pelas fortes contrações da musculatura uterina (113C). A vagina dilata-se, permitindo a passagem do bebê.

A placenta desprende-se da parede uterina e também é expulsa pela vagina, juntamente com sangue proveniente do rompimento de vasos sanguíneos maternos (113D). Nesse momento, o cordão umbilical, que liga o feto à placenta, deve ser cortado.

O desprendimento da placenta induz a respiração do recém-nascido. O dióxido de carbono produzido pelas células do bebê acumula-se no seu sangue, uma vez que não pode ser eliminado para o sangue da mãe, através da placenta. Em poucos segundos, a concentração de dióxido de carbono na circulação do bebê eleva-se a ponto de estimular os centros cerebrais que controlam a respiração. Esses centros induzem o sistema respiratório do recém-nascido a funcionar.

A hormona ocitocina promove o aleitamento. Ela causa contração da musculatura lisa das glândulas mamárias, o que leva à expulsão do leite. O estímulo para a produção de mais ocitocina é a própria sucção do bebê.



**Fig. 113** Depois das diferentes etapas do parto (A-D) deve-se cortar o cordão umbilical.





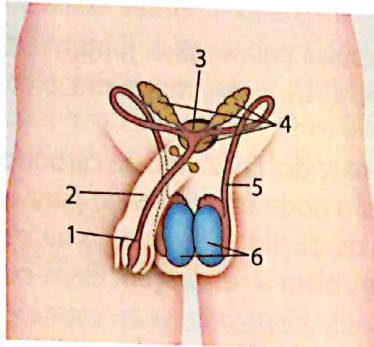
1. Defina o conceito de reprodução.
2. Compare a reprodução assexuada com a reprodução sexuada.
3. Descreva resumidamente cada um dos processos de reprodução assexuada abaixo mencionados, dando exemplos dos organismos em que ocorrem.

a) Brotamento

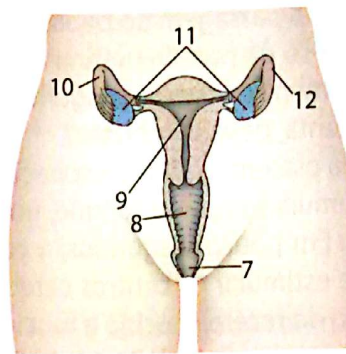
b) Fragmentação

4. Faça a legenda do aparelho reprodutor masculino (A) e feminino (B).

A

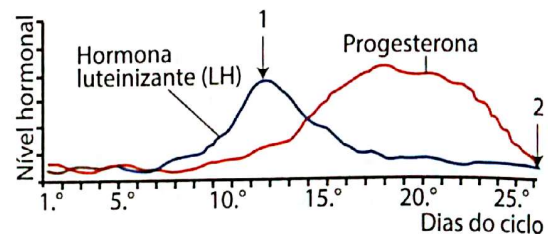


B



5. O gráfico representa as variações nos níveis de duas importantes hormonas relacionadas com o ciclo menstrual na espécie humana. Qual das alternativas indica fenómenos que ocorrem, respectivamente, nos momentos 1 e 2?

- a) Amadurecimento do óvulo e ovulação.
- b) Menstruação e crescimento do endométrio.
- c) Libertação do óvulo e menstruação.
- d) Menstruação e formação do corpo amarelo.



6. A ocorrência da gravidez na adolescência tem aumentado consideravelmente. O conhecimento e o uso adequado de métodos contraceptivos podem reverter esse problema. Em relação a esses métodos, é correcto afirmar que:

- a) O diafragma impede a nidação do embrião.
- b) O dispositivo intra-uterino, DIU, impede a chegada dos espermatozóides ao útero.
- c) O método hormonal feminino, a pílula, impede a ovulação.
- d) O método da tabela é eficiente se forem evitadas as relações sexuais entre o 12.º e o 14.º dias do ciclo.
- e) O preservativo masculino tem acção espermicida.

7. O ciclo ovário tem, em média, 28 dias. Se uma mulher começa o seu ciclo no dia 5, a probabilidade de gravidez é maior no dia:

- a) 19
- b) 31
- c) 14
- d) 3
- e) 28

8. Em relação à menstruação e ao período fértil de uma mulher com o ciclo menstrual de 28 dias, é correcto afirmar que:

- a) Durante o processo de menstruação o endométrio destaca-se da parede uterina, sendo eliminado com o sangue.
- b) O nível da produção de progesterona cresce no período após a ovulação.
- c) Em torno do 14.º dia do ciclo menstrual, ocorre a ovulação.
- d) O período de maior fertilidade da mulher ocorre durante os dias em que está menstruada.
- e) Durante todo o ciclo menstrual, ocorre uma inibição da hormona denominada estrogénio, responsável pela escamação do endométrio.
- f) Após a menopausa, período em que a mulher pára de menstruar, a sua fertilidade aumenta.



## Ontogénese

O desenvolvimento animal é um processo contínuo que se inicia no ovo, sendo o nascimento um momento marcante nesse processo.

Os ovos de diversas espécies de animais desenvolvem-se até produzir um jovem animal com forma definitiva. À medida que crescem, as formas jovens aumentam em tamanho, mas não sofrem mudanças significativas no aspecto geral do corpo. Esse tipo de desenvolvimento é chamado **desenvolvimento directo**.

Noutros casos, os jovens animais quando nascem diferem dos adultos. Numa etapa do desenvolvimento mudam de forma, vindo a adquirir as características de um animal adulto. Estes animais tem **desenvolvimento indirecto**, ou seja, passam por **metamorfose**.

O conjunto de transformações que ocorrem no desenvolvimento do indivíduo desde o ovo até ao estado adulto é designado **ontogénese**.

O desenvolvimento animal compreende três etapas principais: **multiplicação celular, diferenciação celular e morfogénese**. Estes processos não acontecem em sequência, mas estão inter-relacionados de tal modo que qualquer um deles pode dominar os outros dependendo do estágio de desenvolvimento.

A multiplicação celular tem início logo após a fecundação. O zigoto sofre sucessivas divisões celulares, que originam as células do corpo do indivíduo. O ritmo em que ocorrem as divisões celulares diminui na fase adulta, embora nunca cesse. No corpo de qualquer animal há sempre células em divisão, seja para regenerar partes lesadas, seja para substituir as que morrem.

No decorrer do processo embrionário as células, além de aumentarem em número, especializam-se. Esse processo de especialização é chamado **diferenciação celular**.

À medida que as células se diferenciam, elas organizam-se em tecidos e órgãos. A formação dos tecidos e órgãos que constituem o organismo pluricelular é denominada **morfogénese**.

O **desenvolvimento embrionário** ou **embriogénese** ocorre a partir do ovo até à passagem do embrião para a vida livre.

Durante esse processo há necessidade de uma fonte de nutrientes que permita a elaboração de biomoléculas constituintes das células e a obtenção de energia. Nos primeiros tempos da embriogénese, essa fonte existe no **ovo**.

Um ovo é portanto uma célula que apresenta todas as estruturas necessárias à formação de um embrião:

- **Núcleo**, resultante da fusão dos núcleos dos dois gametas (espermatozóide e óvulo).
- **Protocito** ou **vitelo germinativo**, constituído pelo núcleo e pelo citoplasma do qual fazem parte o hialoplasma e os organelos celulares.
- **Deutocito** ou **vitelo de nutrição**, de que fazem parte as substâncias indispensáveis ao desenvolvimento do embrião, tais como proteínas, lípidos e glicogénio.

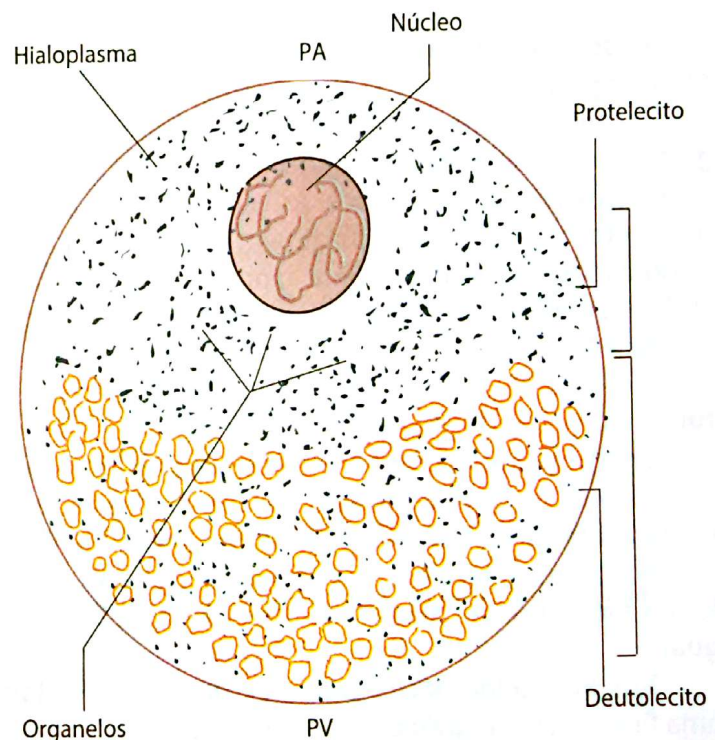


Fig. 114 Constituintes do ovo



Os ovos geralmente apresentam **polaridade**, existindo um **pólo animal** (PA) e outro oposto, o **pólo vegetativo** (PV). Em muitos casos a polaridade está relacionada com a distribuição do deutolecito. Assim, onde se acumula a maior quantidade de deutolecito, encontra-se o pólo vegetativo. No hemisfério oposto, na zona de protolecito situa-se o pólo animal.

Os ovos dos animais podem ser classificados de acordo com a quantidade do deutolecito e a distribuição do protolecito, como pode ver no quadro que se segue.

**Quadro 10:** Classificação de ovos

Tipo de ovo	Quantidade de deutolecito	Distribuição do protolecito	Exemplos de animais
Oligolecítico	Pequena quantidade (microlecítico)	Uniforme por todo o citoplasma	Ouriço-do-mar Anfióxo
Heterolecítico	Quantidade razoável (mesolecítico)	Desigualmente distribuído, acumulando-se mais na zona do pólo vegetativo.	Anfíbios Répteis
Telolecítico	Grande quantidade (macrolecítico)	Ocupa quase todo o ovo.	Aves

Os ovos oligolecíticos são os que possuem menores dimensões, sendo os telolecíticos os maiores. Os primeiros são pobres em deutolecito porque o embrião depende deste apenas enquanto se desloca pelo oviducto, entre a fecundação e a nidação, a partir da qual a nutrição é garantida pelo organismo materno.

Os ovos telolecíticos são envolvidos por uma casca resistente e porosa, que abriga e protege o embrião. Além disso, à volta do ovo existe uma certa quantidade de proteína, a albumina, que constitui a clara do ovo e que intervém na nutrição do embrião.

## Fases do desenvolvimento embrionário

O desenvolvimento embrionário consiste em três fases, nomeadamente: **segmentação**, **gastrulação** e **organogénese**.

A **segmentação** é a primeira etapa do desenvolvimento embrionário designada também por **clivagem**. Durante a segmentação ocorrem divisões celulares sequenciais que originam células com dimensões sucessivamente menores. As células que resultam dessas divisões são os **blastómeros**. Em certo momento, os blastómeros constituem um aglomerado de pequenas células denominado **mórula**. O processo da segmentação continua e, no fim, está constituído um estado embrionário designado **blástula**. Os blastómeros estão ordenados, formando um invólucro de células (**blastoderme**) que delimitam uma cavidade (**blastocélio**).

No entanto, existem vários tipos de segmentação. Podem ser **segmentações holoblásticas** ou **totais**, ou **meroblásticas** ou **parciais**.

Em geral, ovos pobres em deutolecito (ovos oligolecíticos) têm segmentação holoblástica. A distribuição igual do deutolecito entre as células-filhas resulta em blastómeros de volume e tamanho aproximadamente iguais. Daí, fala-se de **segmentação holoblástica igual**.

Nos ovos heterolecíticos, o deutolecito não é distribuído homogeneamente. As segmentações levam à formação de células maiores e menores. Fala-se, nesse caso, de **segmentação holoblástica desigual**.

Nos ovos telolecíticos, o deutolecito não é totalmente distribuído entre as células-filhas. Apenas uma fina camada é dividida entre os blastómeros que formam o disco germinativo na superfície do ovo. Esse tipo de segmentação é conhecido por **segmentação meroblástica**.



Na fase de **gastrulação** as divisões celulares continuam. Paralelamente, ocorrem movimentos de territórios celulares, uns em relação aos outros, até atingirem determinadas posições. Este processo conduz à formação de **gástrula**. O embrião assume uma organização tridimensional.

Uma das formas mais simples de gastrulação é observada no anfíoxo: num dos pólos há crescimento mais acelerado e as células do outro pólo são empurradas para dentro, formando um tubo. Esse «crescimento para dentro» é uma **invaginação**. O tubo formado é o intestino primitivo e o seu orifício chama-se **blastóporo**.

A gastrulação dos demais cordados segue mecanismos mais complexos.

Ocorrendo a gastrulação, as células do embrião separam-se em duas camadas denominadas **folhetos embrionários** ou **germinativos**. A camada externa é a **ectoderme** (ou **ectoblasto**); a interna, a **endoderme** (ou **endoblasto**). As células do intestino primitivo diferenciam-se e formam o terceiro folheto embrionário, a **mesoderme**. Daí, animais que se desenvolvem a partir de três folhetos embrionários são **tri-blásticos**.

Na região dorsal do embrião induzido pelo mesoderme subjacente, a ectoderme forma o tubo neural, que dá origem, nos vertebrados, ao encéfalo e à medula espinal. Nessa etapa do seu desenvolvimento o embrião passa a chamar-se **nêurula**.

A partir dos três folhetos embrionários ocorrem fenómenos que se relacionam com a formação dos órgãos – a **organogénese**.

A diferenciação em tecidos, órgãos e sistemas de órgãos efectua-se em moldes semelhantes nos diferentes vertebrados, originando estruturas idênticas.

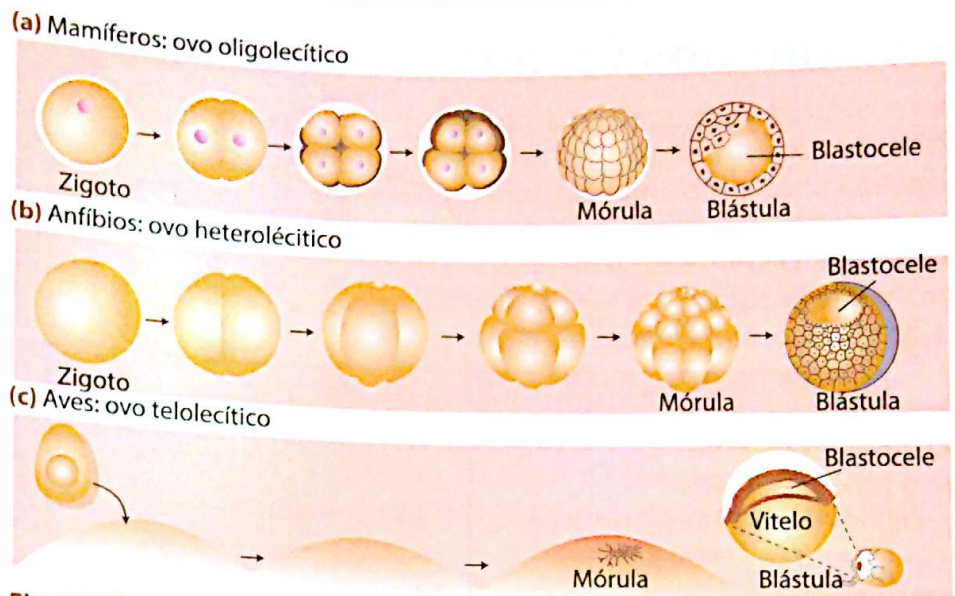


Fig. 115 Tipos de segmentação em diferentes tipos de ovos

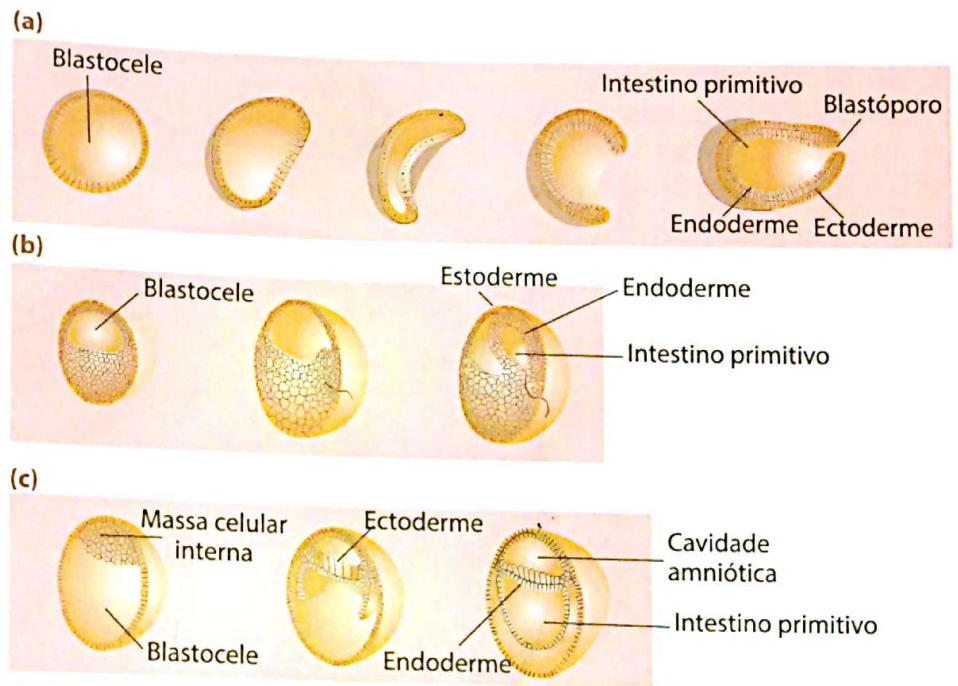


Fig. 116 Gastrulação de anfíoxo (a), de anfíbio (b) e de mamífero (c)



## Destino dos folhetos embrionários

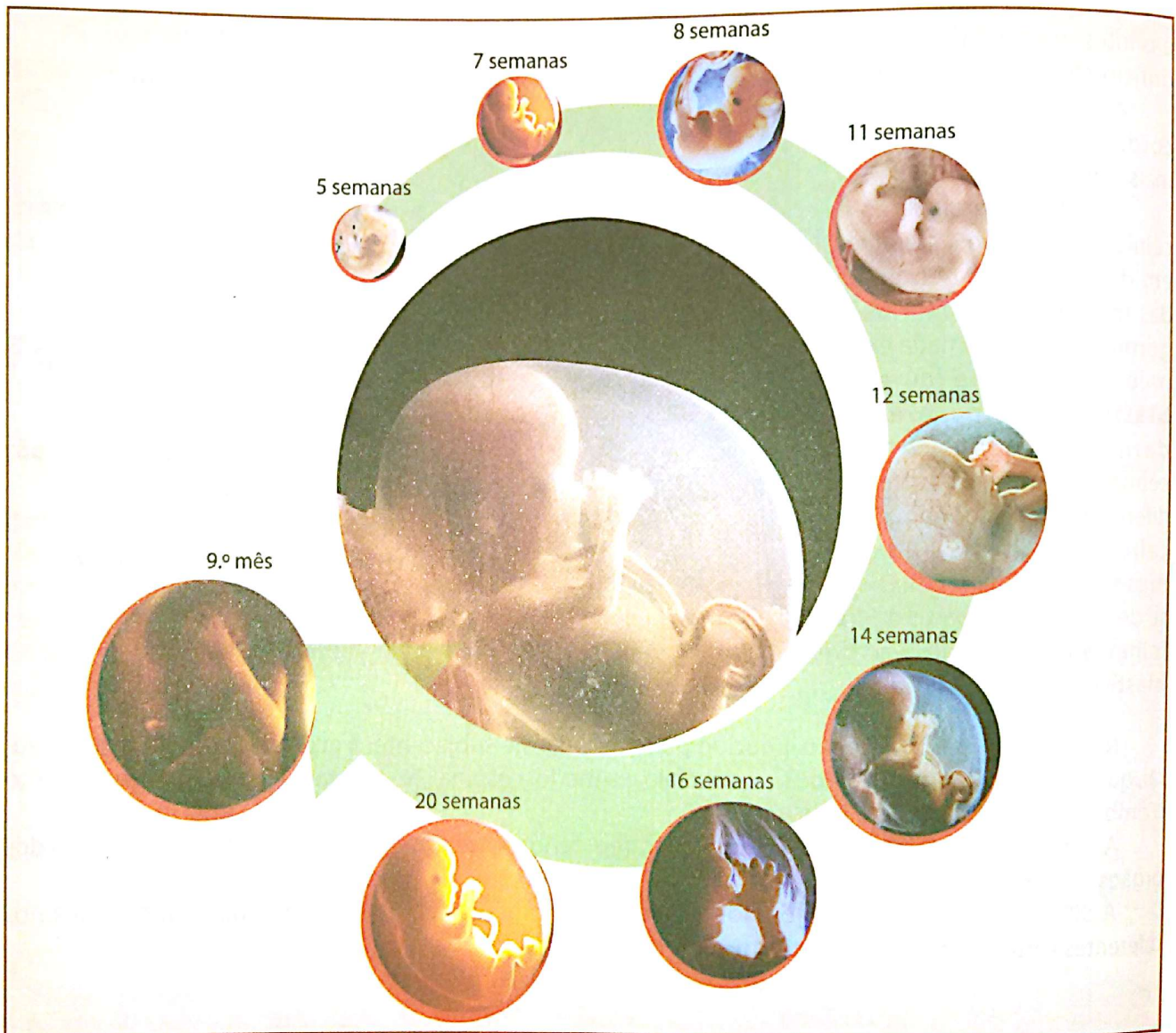
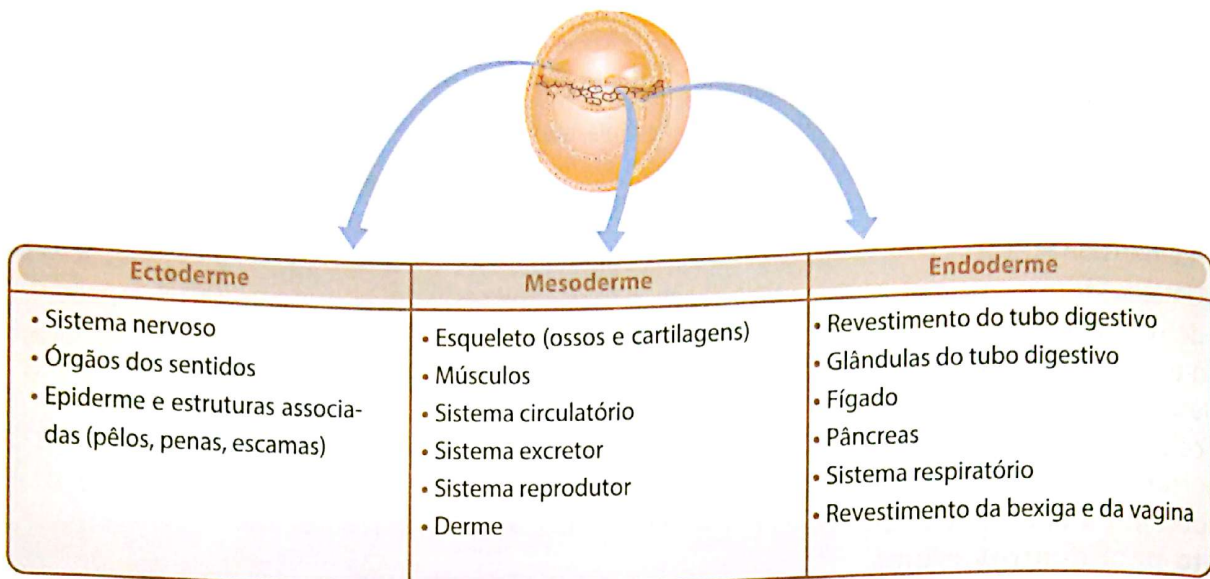


Fig. 117 Fases de desenvolvimento embrionário do ser humano



## Anexos embrionários

O embrião é frágil sobrevivendo apenas num ambiente protegido, com temperatura estável e adequada. O seu desenvolvimento é auxiliado pelos anexos embrionários que são estruturas transitórias existentes somente durante a vida embrionária. Os anexos embrionários são formados a partir dos folhetos embrionários.

O único anexo embrionário presente nos embriões de peixes e anfíbios é uma bolsa chamada **saco vitelínico** (ou **vesícula vitelina**). Progressivamente, o saco vitelínico diminui até desaparecer por completo, pois o deutolecito é totalmente consumido. Além de armazenar nutrientes, o saco vitelínico é o primeiro local de formação de hemácias dos embriões.

Os embriões de outros vertebrados possuem saco vitelínico, mas formam também outros anexos embrionários. Nesses animais existe o **alantóide**, bolsa revestida por uma membrana ricamente vascularizada, dentro do qual são estocados os resíduos nitrogenados gerados pelo embrião durante o seu desenvolvimento. Essa estocagem de resíduos não acontece nos embriões de mamíferos, que eliminam eficientemente os seus resíduos através da **placenta**.

Embriões de répteis, aves e mamíferos, são envolvidos por duas membranas, uma dentro da outra: o **âmnio** (a interna) e o **córion** (a externa). A cavidade amniótica é ocupada por líquido, que impede o ressecamento do embrião, além de representar um eficiente sistema de amortecimento de choques e auxiliar a manutenção da temperatura. O surgimento do âmnio foi um passo importante na conquista do ambiente terrestre por permitir aos embriões desenvolverem-se fora da água.

O **córion**, membrana mais espessa e permeável que o âmnio, além de cobrir o embrião, envolve também o saco vitelínico e o alantóide. Nos mamíferos, o córion participa na formação da placenta, responsável pelas trocas de substâncias entre o sangue materno e o sangue fetal. Graças a essas trocas, o feto recebe água, oxigênio, nutrientes e anticorpos. Para a circulação materna, são transferidos resíduos metabólicos fetais, como dióxido de carbono e ureia.

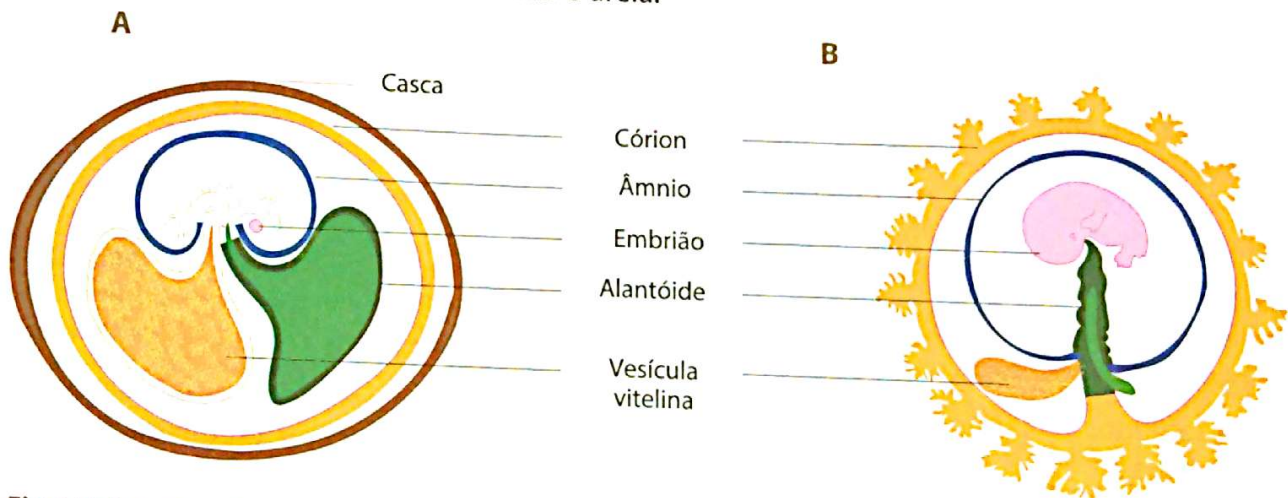
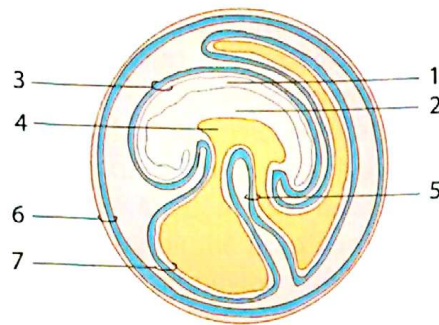


Fig. 118 Anexos embrionários em aves (A) e mamíferos (B)





1. Caracterize o desenvolvimento indirecto e o desenvolvimento directo.
2. Descreva, resumidamente, os eventos que caracterizam as etapas de multiplicação celular, diferenciação celular e morfogénese.
3. Compare segmentação holoblástica e meroblástica.
4. Caracterize o embrião dos seguintes estágios: mórula, blástula e gástrula.
5. O que são folhetos germinativos e qual é a sua relação com a organogénese?
6. Faça uma tabela que relacione cada um dos três folhetos germinativos com os tecidos ou órgãos que originarão, respectivamente, no organismo adulto.
7. O esquema abaixo representa um corte do embrião de uma ave.



- a) Faça a legenda.
  - b) Mencione as funções realizadas pela formação assinalada por 2.
  - c) Em relação ao estágio embrionário representado, pode afirmar-se que está em fase de:
    - I - Segmentação
    - II - Gastrulação
    - III - Organogénese
8. A protecção mecânica do embrião dos mamíferos é realizada fundamentalmente pelo(a):
    - a) Alantóide
    - b) Placenta
    - c) Saco vitelínico
    - d) Cordão umbilical
    - e) Saco amniótico
  9. Durante o desenvolvimento embrionário das aves, o embrião é nutrido graças à grande quantidade de deutolecito presente no ovo. Já nos mamíferos o ovo é pobre em deutolecito. Como a grande maioria dos embriões de mamíferos consegue obter os nutrientes necessários para o seu desenvolvimento?
  10. Nos vertebrados, podemos observar anexos embrionários que são estruturas derivadas de tecidos embrionários. Considerando a afirmação, correlacione a primeira coluna com a segunda.

1) Saco vitelínico	A) Nutrição do embrião
2) Âmnio	B) Trocas de gases, nutrientes e excretas
3) Córion	C) Protecção contra choques mecânicos
4) Alantóide	D) Armazenamento de excretas nitrogenadas
5) Placenta	E) Participação nos processos de trocas gasosas

A alternativa que contém a afirmação verdadeira é:

- a) 1 - A, 5 - B, 2 - C, 3 - D, 4 - E
- b) 2 - A, 3 - B, 4 - C, 5 - D, 1 - E
- c) 4 - A, 5 - B, 2 - C, 3 - D, 1 - E
- d) 5 - A, 4 - B, 3 - C, 1 - D, 2 - E
- e) 1 - A, 5 - B, 2 - C, 4 - D, 3 - E



## Unidade 1: Citologia

pp. 34, 35 e 36

1. A invenção do microscópio óptico é atribuído a Hans e Zacharias Janssen no século XVI; outro cientista, Antony van Leeuwenhoek (1632-1723) é considerado o pai da microbiologia, descobrindo glóbulos vermelhos, espermatozóides e bactérias no esmalte; Robert Hooke (1635-1703) desenvolveu o microscópio composto e introduziu o termo célula; mais tarde, Mathias Schleiden (1804-1881) e Theodor Schwann (1810-1882) formularam a Teoria celular, princípio unificador da ciência Biologia.

2. A célula é a unidade básica estrutural e funcional de todos os seres vivos; Todos os seres vivos são constituídos por células; Todas as células provêm de células pre-existentes; A célula é a unidade de reprodução e desenvolvimento dos seres vivos; A célula é a unidade hereditária de todos os seres vivos.

3. a), b), c)                      4. e)

5. a) 1 – Membrana plasmática; 2 – Retículo endoplasmático; 3 – Mitocôndria; 4 – Centríolo; 5 – Núcleo; 6 – Retículo endoplasmático; 7 – Parede celular; 8 – Retículo endoplasmático; 9 – Vacúolo; 10 – Cloroplasto; 11 – Aparelho ou Complexo de Golgi; 12 – Parede celular; 13 – Membrana plasmática; 14 – Molécula de ADN; 15 – Ribossomas; b) C: não tem núcleo mas sim um filamento de cromatina; c) por exemplo, ausência da parede celular, do vacúolo central e dos cloroplastos na célula animal.

6. Por exemplo: vacúolo central, cloroplastos.

7. A – célula animal (célula eucariótica), B – célula vegetal (célula eucariótica), C – célula procariótica.

8. Síntese de proteínas.

9. d)

10. Entrada de partículas na célula; Formação de lisossomas primários a partir do Aparelho de Golgi; Formação de vacúolo alimentar a partir da fundação de vários lisossomas; Formação do vacúolo digestivo ou lisossoma secundário.

11. a) 12. c) 13. e)

14. 1 – Proteínas; 2 – Lípidos; 3 – Outras substâncias inorgânicas; 4 – Açúcares (ou hidratos de carbono); 5 – Ácidos nucleicos, 6 – Água.

15. Monómeros: constituídos por apenas uma única molécula básica; Polímeros: constituídos por várias moléculas básicas, formando macromoléculas.

16. e)

17. Substâncias orgânicas: hidratos de carbono, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, vitaminas; Substâncias inorgânicas: sais minerais, água.

18. Existência de carbono na estrutura básica, excepto dióxido de carbono. Muitas substâncias orgânicas são macromoléculas, enquanto as substâncias inorgânicas são monómeros.

19. Solvente, funcionamento enzimático, meio de transporte, protecção térmica.

20. Monossacarídeos: glicose, frutose; Oligossacarídeos: lactose, maltose, sacarose; Polissacarídeos: amido, glicogénio.

21. Material de construção, catalização das reacções químicas, defesa, transporte.

22. ADN: açúcar (desoxirribose) tem como bases nitrogenadas adenina, citosina, guanina e timina; ARN: açúcar (ribose) tem como bases nitrogenadas adenina, citosina, guanina e uracila.

pp. 50, 51, 52 e 53

1. Membrana plasmática. Ela é semipermeável, o que permite que a célula possa sofrer osmose, perdendo ou ganhando água.

2. Com a salga (ou salgamento) a concentração de água no alimento é menor do que no ambiente, o que evita o processo de apodrecimento, ou seja, a acção dos micróbios é reduzido.

3. a) A concentração de água na solução A é maior do que na fatia de batata. Na solução B a concentração da água diminuiu, sendo mais ou menos igual ao interior da fatia. b) A água, através da membrana semipermeável existente nas células da fatia de batata e através da osmose, difunde da solução A para a fatia de batata, sendo que a concentração da água diminuiu na solução B.

4. Situação II, porque há transporte e moléculas do compartimento A para o do B com gasto de energia. Na situação I decorre o processo de osmose, ou seja as moléculas difundem do lugar da maior concentração para o lugar de menor concentração até se equilibrar nos dois compartimentos sem gastos de energia.

5. a) 6. d)

7. a) Chave-fechadura; b) As enzimas oferecem ao substrato um sítio chamado centro activo, onde eles se encaixam, atingindo o estado activo; c) 1 – substrato; 2 – enzima; 3 – centro activo; 4 – complexo enzima-substrato. 5 – produto. d) I.

8. a) 9. b)

10. a) O rendimento energético em A é menor do que em B. b) Glicólise. c) NADH. d) II.

11. a) I – glicólise, II – ciclo de Krebs, III – cadeia respiratória; b) 1 – Ácido pirúvico. 2 – Ácido oxalacético. 3 – ATP. c)

12. d) 13. a) 14. d) 15. d)



p. 61

- O ciclo celular consiste no crescimento da célula acompanhado pela duplicação dos genes e a divisão celular.
- Mitose: processo de divisão celular em que ocorre uma duplicação cromossômica para cada divisão celular em que a quantidade e a qualidade dos cromossomas da célula-mãe são mantidas nas células-filhas. Meiose: processo de divisão celular em que ocorre uma duplicação cromossômica e duas divisões celulares com o resultado de formação de quatro células com a metade de cromossomas da célula-mãe.
- Divisão celular.
- c)
- 1 - C; 2 - B; 3 - A.
- b)
- d)
- Na mitose as células-filhas têm a mesma quantidade e qualidade como a célula-mãe enquanto na meiose as células-filhas têm a metade de cromossomas.

## Unidade 2: Fisiologia vegetal

pp. 93, 94 e 95

- Macronutrientes: são elementos minerais que as plantas absorvem em maior quantidade. Micronutrientes: são elementos minerais que as plantas consomem em menor quantidade. Servem para a nutrição mineral da planta, fornecendo importantes elementos para a realização das funções vitais.
- a) Transpiração; b) 1 - A água desloca-se desde o subso-lo até à célula do pêlo absorvente (osmose); 2 - No interior da célula de pêlo absorvente (difusão), via simplasto; 3 - De uma célula para outra dentro da zona cortical (osmose); 4 - No interior da célula da zona cortical; 5 - Do interior da célula da zona cortical até às células do feixe condutor; via apoplasto; 6 - Entre os espaços intercelulares até às células do feixe condutor (difusão); 7 - Xilema; 8 - Estomas.
- a) 4. c)
- 1 - ostíolo; 2 - hialoplasma das células-guarda; 3 - núcleo; 4 - cloroplastos.
- a) 1 - pêlo radicular (ou absorvente); 2 - célula epidérmica; 3 - célula da endoderme; 4 - célula do parênquima cortical; 5 - célula do periciclo; 6 - célula do xilema; 7 - célula do floema; b) A - via simplasto; B - via apoplasto; c) A.
- b) 8. a) 9. e) 10. c) 11. d)
- Não consegue absorver a luz verde; sendo assim não consegue realizar eficientemente a fotossíntese e daí realiza com défice certas funções vitais, tais como o crescimento.

- Absorção de luz e conversão da energia luminosa em energia química
- Espectro da absorção: absorção da luz; espectro de acção: taxa fotossintética
- Fotossistema I: centro de reacção é o P700 (absorção para comprimentos da onda de 700 nm); Fotossistema II: centro de reacção é o P680 (absorção para comprimentos da onda de 680 nm)
- a) 700 nm; b) Não ter capacidade de absorver luz verde; c) Na presença de luz pode ceder electrões (dador de electrões), convertendo energia luminosa em energia química.

## Unidade 3: Fisiologia animal

p. 118

- Nutrição: é um processo biológico em que os organismos (vegetais e animais, incluindo o ser humano) assimilam substâncias químicas que entram na composição dos alimentos (nutrientes como proteínas, hidratos de carbono, lípidos, sais minerais e vitaminas) para a realização de suas funções vitais. Alimentação: é o processo da obtenção e consumo de substâncias indispensáveis, que garantem o funcionamento do organismo. Digestão: é a transformação dos alimentos em substâncias mais simples, através da acção dos sucos produzidos pelas glândulas digestivas.
- a) alimentação; b) digestão; c) nutrientes; d) absorvidas; e) cavidade gastrovascular; f) boca; g) ânus; h) intestino delgado; i) vilosidades intestinais.
- Hidrólise: uma molécula complexa vai ser desdobrada através das enzimas digestivas em moléculas mais simples.
- a)
- a) A - sistema digestivo incompleto; B e C - sistema digestivo completo; b) 1 - Boca; 2 - Cavidade gastrovascular; 3 - Proventrículo; 4 - Moela; 5 - Papo; 6 - Papo; 7 - Moela; 8 - Intestino; 9 - Esófago; 10 - Faringe.
- b); e)
- Mosca, lombriga e rã: tubo digestivo completo; Medusa: tubo digestivo incompleto.
- Os herbívoros possuem o intestino muito longo e um apêndice cecal muito desenvolvido, com bactérias que digerem a celulose. Os carnívoros são dotados de um intestino proporcionalmente menos comprido e de um apêndice atrofiado.
- No estômago desses animais encontram-se bactérias que desdobram e metabolizam a celulose, deixando livre uma série de substâncias orgânicas que o mamífero pode utilizar para a realização das suas funções vitais.



p. 125

1. Respiração é o processo de troca gasosa entre o organismo e o meio-ambiente.
2. a) sistema respiratório; b) superfícies respiratórias; c) difusão; d) difusão; e) fluido; f) brânquias; g) pulmões; h) traqueias; i) cavidades branquiais; j) opérculos; k) traqueias; l) espiráculos.
3. a)
4. Na hematose, o organismo recebe oxigénio para a realização das funções vitais e liberta dióxido de carbono prejudicial ao organismo.
5. b) 6. c)
7. Respiração pulmonar: absorção de oxigénio e libertação de dióxido de carbono pelos pulmões; Respiração celular: absorção de oxigénio e libertação de dióxido de carbono pelas células.
8. Mamíferos; aumento da compartimentação dos pulmões, o que faz aumentar a área da superfície respiratória por unidade de volume de pulmão.
9. a)
10. a) oxigénio e dióxido de carbono; b) minhoca: respiração cutânea; peixes: respiração branquial; insectos: respiração traqueal; mamíferos: respiração pulmonar; c) narinas; fossas nasais, faringe, laringe, traqueia, pulmões com brônquios, bronquíolos, alvéolos pulmonares.

pp. 146, 147 e 148

1. Transporte de nutrientes, de hormonas, de células, de anticorpos e de oxigénio; remoção de dióxido de carbono e de excreções; distribuição do calor
2. c)
3. Pressão arterial é baixa; o fluido circula com baixa velocidade; distribuição do fluido é menos controlável; não existe orientação directa do fluido para o coração.
4. a)
5. a) 1 - B; 2 - C; 3 - A; b) 2 porque o coração tem duas aurículas e dois ventrículos separados por um septo, não ocorrendo mistura do sangue arterial com o sangue venoso; c) III.
6. A hemoglobina forma um composto instável com o oxigénio que garante uma pronta combinação com o oxigénio nos órgãos respiratórios e fácil libertação desse gás nos tecidos.
7. c) 8. a)
9. Plasma sanguíneo: transporte de substâncias nutritivas, hormonas, gases, anticorpos, excreções e distribuição de calor; hemácias: transporte de oxigénio; leucócitos: defesa contra corpos estranhos; plaquetas sanguíneas: coagulação do sangue.

10. Coagulação

11. Osmorregulação: conjunto de mecanismo pelos quais são controladas as concentrações de sais e de água e, portanto, os valores da pressão osmótica dos fluidos corporais. Excreção: função através da qual os organismos se libertam dos produtos resultantes do catabolismo, muitos dos quais são tóxicos, prejudiciais e em excesso.
12. a) metanefrídeos; b) protonefrídeos; c) células-flama; d) rins; e) mais concentrada; f) cápsulas de Bowman; g) eliminadas; h) osmose; i) secreção
13. c)
14. a) Pronefro: em todos os vertebrados na fase embrionária; Metanefro: répteis, aves, mamíferos adultos; b) Pronefro: as excreções retiradas do fluido celómico são lançadas em ductos excretores que os levam para fora do corpo; Metanefro: a cápsula de Bowman retira as excreções directamente do sangue.
15. a) A - rins; B - nefrónio; b) 1 - zona cortical, 2 - bacinete, 3 - zona medular; 4 - uréter; 5 - cápsula de Bowman, 6 - arteríola aferente, 7 - arteríola eferente, 8 - glomérulo de Malpighi, 9 - tubo proximal, 10 - tubo distal, 11 - ansa de Henle, 12 - tubo colector; c) filtração; d) glicose por transporte activo e água por osmose; e) I - aminoácido, II - ureia, III - iões de H<sup>+</sup>

16. d) 17. c) 18. d)

19. A hipófise é estimulada quando existe pouca água no plasma sanguíneo, libertando a hormona ADH. Sendo assim, há maior reabsorção de água pelos túbulos renais. A urina é mais concentrada e a quantidade de água eliminada diminui. A ingestão de grandes quantidades de água tem o efeito que a hipófise liberta menos ADH. Daí, vai ser produzido maior volume de urina que é mais diluída, ou seja, tem uma maior concentração de água.
20. A concentração da glicose no filtrado glomerular é maior do que na urina, enquanto a concentração de iões de cloro e da ureia é menor no filtrado glomerular do que na urina. Acontece pelo processo de secreção.

21. e) 22. c) 23. a)

pp. 162 e 163

1. Sistema nervoso difuso: células nervosas são espalhadas por todo o corpo, não há nenhum órgão centralizador do controlo nervoso; Sistema nervoso ganglionar: possui gânglios cerebrais na região anterior do corpo, dos quais partem para a parte posterior dois cordões nervosos; Sistema nervoso central: com encéfalo e medula espinal, tem dois subsistemas: o sistema nervoso periférico e o sistema nervoso vegetativo.
2. a) Arbonização terminal; b) núcleo; c) axónio; d) corpo celular. e) dendrites. Recepção e condução das informações.



3. Suporte para os neurónios, participa na defesa do sistema nervoso, controla as substâncias como, por exemplo, o sangue.

4. Nervos são constituídos por um conjunto de fibras nervosas que, por sua vez, são prolongamentos de neurónios.

5. a)

6. O potencial eléctrico entre as faces externa e interna da membrana celular é gerada pela concentração diferente de iões de sódio e de potássio. Quando um estímulo atinge o neurónio, o ião de sódio penetra através de aberturas na membrana. O fluxo das cargas positivas faz com que aconteça a despolarização, provocando a formação dum potencial da acção. Isto faz com que haja passagem de iões de potássio, ocorrendo a despolarização.

7. O bombeamento de iões é um processo activo de transporte.

8. Nervos sensitivos conduzem a informação dos órgãos para o sistema nervoso central. Os nervos motores conduzem a informação do sistema nervoso central para os órgãos. Os nervos mistos conduzem a informação nos dois sentidos.

9. c)

10. a) estímulo; b) órgão receptor; c) centro nervoso; d) órgão efector; e) reacção

11. a) Memória é a capacidade que o cérebro humano tem de armazenar informações do meio ambiente ou experiências vividas durante um período de tempo mais ou menos longo. b) Memória de curta duração: guarda informações durante muito pouco tempo (só o tempo de que necessita para utilizar essa informação). Memória de longa duração: esta memória conserva a informação durante muito tempo, muitas das vezes são informações importantes para a sobrevivência.

12. Hormonas são substâncias químicas que funcionem como mensageiros, navegando no sangue e levando instruções de um conjunto de células de diferentes órgãos para outros.

13. Cada hormona actua apenas sobre um determinado tipo de células.

14. a) Por exemplo, pâncreas e testículo; b) hipófise; c) Encéfalo constituído por cérebro, cerebelo e bolbo raquidiano.

15. a) 1 - Calcitonina: tiróide regula a taxa de cálcio baixando a concentração de cálcio no sangue e inibe a libertação de cálcio dos ossos; 2 - Paratormónio: regula a taxa de cálcio elevando a concentração de cálcio no sangue e estimulando a libertação de cálcio dos ossos.

b) O músculo não consegue transformar o ATP em ADP e fosfato, sendo não ter energia para a sua contracção.

16. c)

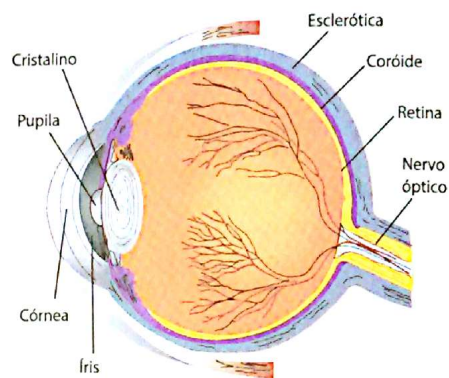
17.

	Sistema nervoso	Sistema hormonal
Tipo de estímulos	Externos e internos	Principalmente internos
Tipo de mensagem	Electroquímica	Química
Velocidade	Muito rápida	Mais lenta
Amplitude de acção	Localizada (em geral, poucas células estimuladas)	Ampla (em geral, muitas células estimuladas)
Tempo de resposta	Curta duração	Longa duração
Via de distribuição	Neurónios	Sangue
Órgãos efectores	Tecido muscular e glândulas	Células-alvo

p. 172

1. Percepção de factores ambientais físicos e químicos.

2.



3. Objecto próximo ou distante.

4. a) A - binocular, B - monocular; b) Visão em três dimensões (tridimensionalidade).

5. l.

6. Bastonetes: têm maior sensibilidade à luz, sendo responsáveis pela percepção de formas; Cones: são sensíveis apenas à luz forte, sendo responsáveis pela percepção de cores.

7. c)

8. Pavilhão auditivo, canal auditivo, tímpano, martelo, bigorna, estribo, membrana do caracol, endolinfa, órgão de Corti, nervo auditivo.

9. Recepção e condução do impulso nervoso.

10. a)

11. b)

p. 186

1. Reprodução é a função vital que garante a transmissão da vida de geração em geração.

2. Reprodução assexuada: o novo ser surge a partir de uma ou mais células de um indivíduo só; Reprodução sexuada: ocorre através da junção de células sexuais (gâmetas).





3. a) Os brotos (ou gemas) diferenciam-se em novos organismos que posteriormente se destacam, passando a ter vida independente. Por exemplo: hidra; b) substituição de uma parte em falta através da regeneração podendo originar um novo ser. Por exemplo: estrelas-do-mar.

4. A: 1 – uretra, 2 – pénis, 3 – próstata, 4 – vesículas 5 – canal deferente, 6 – seminiais testículos; B: 7 – vulva, 8 – vagina, 9 – útero, 10 – trompa, 11 – ovários.

5. c) 6. c) 7. a) 8. a), b), c)

p. 192

1. **Desenvolvimento indirecto:** o organismo muda de forma, vindo a adquirir características de um animal adulto; **Desenvolvimento directo:** não há mudanças significativas no aspecto geral do corpo.

2. **Multiplificação celular:** sucessivas divisões celulares do zigoto que originam as células que formam o corpo; **Diferenciação celular:** as células, além de aumentarem em número, especializam-se; **Morfogenese:** formação de tecidos e órgãos que constituem o organismo.

3. **Segmentação holoblástica:** distribuição igual do deutocito entre as células-filhas (acontece nos ovos oligolecíticos); **Segmentação meroblástica:** deutocito não é totalmente distribuído entre as células-filhas (acontece nos ovos heterolecíticos).

4. **Mórula:** aglomerado de pequenas células. **Blástula:** processo da segmentação da mórula (blastómeros estão ordenados, formando um blastoderme que delimita um blastocélio. **Gástrula:** embrião assume organização tridimensional.

5. Células do embrião separam-se em duas camadas: ectoderme e endoderme. Células do intestino primitivo formam a mesoderme. A partir dos três folhetos embrionários formam-se os órgãos.

Ectoderme	Mesoderme	Endoderme
Sistema nervoso	Esqueleto	Revestimento do tubo digestivo
Órgãos dos sentidos	Músculos	Glândulas do tubo digestivo
Epiderme e estruturas associadas como pêlos, penas, escamas	Sistema circulatório	Fígado
	Sistema excretor	Pâncreas
	Sistema reprodutor	Sistema respiratório
	Derme	Revestimento da bexiga e da vagina

7. a) 1 – casca, 2 – vesícula vitelina, 3 – âmnio, 4 – córion, 5 – alantóide, 6 – embrião; b) armazenar nutrientes, formação de hemácias; c) II.

8. e) 9. Através da placenta.

10. a)



**Acelomados:** qualificação dos animais que não desenvolvem o celoma durante a formação embrionária. Assim, o corpo do animal mostra-se maciço, sem celoma ou cavidade geral.

**Acetil coenzima A:** intermediário de alta energia no metabolismo de moléculas utilizadas como fonte de energia.

**Acetilcolina:** substância que age como mediador químico ao nível das sinapses nervosas do sistema parassimpático e dos nervos do sistema da vida de relação, inclusive nas placas motoras.

**Ácido úrico:** produto nitrogenado, presente na excreção dos répteis e aves.

**Actina:** proteína relacionada com o movimento celular.

**Aeróbico:** diz-se do organismo que exige a presença de oxigénio para respirar.

**Alantóide:** uma estrutura em forma de saco ou vesícula, ligada a parte posterior do intestino do embrião. A sua principal função é remover e armazenar excretos produzidos pelo metabolismo do embrião.

**Alécito:** óvulo dos mamíferos placentários.

**Âmnio:** anexo embrionário dos mamíferos, aves e répteis, que se mostra como uma bolsa cheia de líquido, envolvendo o embrião e protegendo-o contra traumas e factores físicos e biológicos provenientes do meio ambiente.

**Amónia:** excreto nitrogenado extremamente tóxico. Devido à sua toxicidade, precisa de ser rapidamente eliminado do corpo do animal ou convertido em produto menos tóxico.

**Anabolismo:** processo químico de construção da matéria viva, que se passa no organismo a nível celular.

**Anafase:** momento mitótico em que os cromossomas começam a deslizar entre as fibrilas do fuso mitótico, em direcção aos respectivos fusos. Segue-se a telofase.

**Anexos embrionários:** estruturas que se originam dos folhetos germinativos e que, entre outras funções, protegem e nutrem o embrião. Eles desaparecem durante o desenvolvimento e não estão presentes nos adultos.

**Autótrofos:** seres vivos, como as plantas, que produzem seus próprios alimentos à custa de energia solar, do CO<sub>2</sub> do ar e da água do solo. Palavra originada do grego *autos* = próprio + *trophos* = nutrir.

**Blastocele:** cavidade da blástula.

**Blastómero:** cada uma das primeiras células do embrião.

**Carioteca:** envoltório nuclear, membrana dupla que circunda o nucleoplasma e o material genético.

**Catabolismo:** segunda fase do metabolismo (posterior ao anabolismo), que consiste em sucessivas reacções enzimáticas de oxidação da matéria anteriormente assimilada, visando a libertação da matéria anteriormente assimilada.

**Catalisador:** substância que torna a reacção química mais rápida, mas não modifica neste processo.

**Celoma:** cavidade interna do corpo de certos animais totalmente revestida por mesoderme.

**Célula:** unidade morfofisiológica dos seres vivos.

**Celulose:** polissacarídeo produzido pelas células vegetais, que forma a parede celular.

**Colênquima:** tecido vegetal vivo, constituído por células cujas paredes, puramente celulósicas, são fortemente espessadas, mas não de maneira uniforme. A sua função é de sustentação da planta.

**Córior:** membrana formada, assim como o âmnio, pela ectoderme e a mesoderme. É o anexo mais externo; envolve e protege os demais anexos. Em répteis e aves, o córior une-se ao alantóide, formando o alantocórior. O alantocórior fornece protecção e realiza trocas gasosas entre o embrião e o meio externo. Nos mamíferos, o córior une-se ao alantóide formando a placenta.

**Cromatídio:** cada um dos dois filamentos cromossómicos que se mantêm unidos pelo centrómero, após a duplicação cromossómica.

**Cromatina:** material filamentososo, muito corável, presente no interior da célula.

**Dendrites:** ramificações curtas e numerosíssimas, de condução centrípeta dos neurónios.

**Ectoderme:** é o folheto embrionário externo. Dele deriva o sistema nervoso, os olhos, a pele, etc.

**Embrionogénese:** processo de multiplicação e diferenciação celular que forma um embrião.

**Endoderme:** um folheto embrionário no qual se originam, por exemplo, os órgãos do aparelho digestivo.

**Enzima:** designação geral das proteínas que actuam como catalisadores de reacções químicas.

**Esclerênquima:** tecido vegetal de sustentação, formado por células alongadas e mortas.

**Estroma:** matriz do cloroplasto.

**Eucarionte:** organismo uni ou multicelular, cujas células contêm um núcleo verdadeiro.

**Fagocitose:** captura de partículas nutritivas ou corpos estranhos, directamente pelas células.

**Feedback:** qualquer mecanismo ou sistema de autocontrolo que explica como um órgão passa a funcionar em determinado momento, e em certas circunstâncias, e pára de funcionar, evitando a sua sobrecarga ou excesso de trabalho, noutra momento, em novas circunstâncias.

**Fermentação:** degradação incompleta de moléculas orgânicas com libertação de energia.

**Fotofosforilação:** formação de ATP pela ligação de um grupo fosfato ao ADP, com utilização de energia luminosa.

**Fotólise:** dissociação da água por meio de energia luminosa na fotossíntese. Esse processo é conhecido como reacção de Hill, pesquisador que descobriu a origem do O<sub>2</sub>, libertado na fotossíntese.

**Fotossíntese:** processo bioquímico que permite aos vegetais sintetizar substâncias orgânicas complexas e de alto conteúdo energético, a partir de substâncias minerais simples e de baixo conteúdo energético. Para isso, utilizam energia solar que captam nas moléculas de clorofila. Neste processo, a planta consome dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e água, libertando oxigénio (O<sub>2</sub>) para a atmosfera. É o processo pelo qual as plantas utilizam a luz solar como fonte de energia para formar substâncias nutritivas.

**Glândulas exócrinas:** são órgãos que produzem secreções ou substâncias que elaboram para um sistema de condutos ou canais excretores que se abrem em superfície externa ou interna. As secreções não são despejadas na corrente sanguínea, mas nos outros órgãos, ou para o exterior do corpo, através de canais. Em geral, as glândulas exócrinas são numerosas e de dimensão reduzida, podem ser unicelulares ou multicelulares; nos mamíferos, o exemplo mais comum de glândula unicelular é a célula mucosa, que se acha disseminada entre as células cilíndricas do epitélio (tecido animal em que as células estão muito juntas umas das outras). A sua secreção é a mucina, proteína que ao ser hidratada dá origem à substância lubrificante chamada muco. As glândulas multicelulares subdividem-se em simples e compostas, conforme sua comunicação com a superfície seja ou não ramificada. Exemplos de glândulas exócrinas são as sudoríparas, produzem suor, as mamas que secretam leite.

**Glicólise:** etapa inicial do processo de quebra da glicose, com produção de energia.

**Glóbulo branco:** célula branca do sangue, ou leucócito, com função de defesa do organismo.

**Granum:** tilacóides dispostos numa pilha.

**Gutação:** eliminação de água em estado líquido pelos hidatódios nas folhas. É um processo comum em plantas nativas de locais húmidos, onde a água precisa ser eliminada do organismo rapidamente.

**Hemoglobina:** pigmento respiratório de cor vermelha presente no sangue dos vertebrados e de alguns invertebrados constituído por «hemo» e por uma proteína, a «globina» que se encontra no interior dos glóbulos vermelhos.

**Heterolécito:** tipo de ovo com razoável quantidade de vitelo no pólo vegetativo.

**Heterótrofo:** ser vivo que se alimenta de matéria orgânica elaborada.

**Hialoplasma:** citoplasma fundamental.

**Hidrólise:** quebra de moléculas pela adição de água.

**Histologia:** estudo dos tecidos.

**Holoblástica:** segmentação total do ovo.

**Homeostase:** ajustamento de um sistema ou organismo às condições ambientais.





- Insulina:** hormônio pancreático que faz baixar o nível de glicose no sangue.
- Intercinese:** curto período entre a primeira e a segunda divisão meiótica.
- Interfase:** parte do ciclo vital da célula em que ela não se divide.
- Koch, bacilo de:** bacilo da tuberculose (*Mycobacterium tuberculosis*). Compreende subespécies diversas, que causam a tuberculose humana.
- Lactose:** dissacarídeo formado pela união de glicose e galactose.
- Leucoplasto:** plasto incolor.
- Lisossomo:** pequena vesícula de armazenamento de enzimas formada a partir do complexo de Golgi.
- Meio hipertônico:** quando a concentração de soluto dentro de uma célula é menor que a do meio. O oposto de meio hipotônico.
- Meio hipotônico:** diz-se que o meio é hipotônico quando a quantidade de soluto dentro de uma célula é maior que a do meio. Oposto de meio hipertônico.
- Meio isotônico:** quando a célula e o meio estão em isotonia.
- Meiose:** processo de divisão celular pelo qual uma célula diplóide origina quatro células haplóides.
- Menstruação:** processo de descamação do endométrio, acompanhado de perda de sangue.
- Meroblástica:** segmentação parcial do ovo.
- Mesonefro:** rim que se localiza na região mediana do corpo; aparece nos ciclóstomos, peixes e anfíbios adultos.
- Metabolismo:** conjunto de todos os processos bioquímicos mediante os quais se faz a assimilação e desassimilação das substâncias necessárias à vida, nos animais e nas plantas.
- Metafase:** mitótica em que os centrômeros se ligam aos microtúbulos do fuso mitótico. Os cromatídios tornam-se bem visíveis e logo em seguida partem-se para o início da anafase.
- Miofibrila:** fibra contrátil presente no interior das células musculares.
- Mitocôndria:** organelo citoplasmático das células dos eucariontes, responsável pela respiração celular.
- Mitose:** processo de divisão celular através do qual o material genético é precisamente duplicado e são gerados dois novos conjuntos de cromossomos idênticos ao original.
- Mórula:** fase de segmentação do zigoto na qual os blastômeros se dispõem numericamente formando um corpo esférico, maciço, pluricelular, mais ou menos do tamanho do zigoto do qual se originou. É a primeira etapa do desenvolvimento embrionário imediatamente após a clivagem.
- Movimento browniano:** movimento aleatório de partículas macroscópicas num líquido como consequência dos choques das moléculas do líquido nas partículas.
- NAD:** nicotinamida-adenina-dinucleotídeo. Receptor de hidrogénios, na cadeia respiratória.
- NADH:** forma reduzida da molécula obtida pela redução do  $\text{NAD}^+$  com dois eletrões e aceitação de um próton.
- NADP:** nicotinamida-adenina-dinucleotídeo-fosfato. Receptor de eletrões na fotossíntese.
- NADPH:** molécula reduzida.
- Néfron:** unidade morfofuncional do rim desenvolvido dos animais mais evoluídos, composta de glomérulo de Malpighi, cápsula de Bowman, túbulo contorcido proximal, alça (ou ansa) de Henle, túbulo contorcido distal e tubos colectores de urina.
- Nefrídeo:** estrutura excretora dos anelídeos.
- Neurónios:** células que constituem o sistema nervoso.
- Oligolécito:** ovo com pouco vitelo.
- Ontogénese:** desenvolvimento do indivíduo desde a fecundação até a maturidade para a reprodução.
- Osmose:** tipo de difusão que ocorre através de membranas semipermeáveis.
- Parede celular:** parede semi-rígida, assim, as células que a possuem têm menor possibilidade de modificar sua forma. A parede celular é, dentro de certos limites, uma estrutura permeável, não exercendo controlo sobre substâncias que penetram na célula ou que dela saem. As paredes celulares das bactérias são formadas basicamente por uma substância típica dos procariontes: o peptidoglicano. Nos protistas, muitos possuem parede celular, nos diversos grupos a composição química varia. Muitas vezes a parede celular pode ser basicamente de sílica ou de celulose. Nas plantas, a parede celular é formada principalmente por celulose e, por isso, é também conhecida como membrana celulósica.
- Pele:** revestimento cutâneo do corpo, formado por tecido epitelial (epiderme) e tecido conjuntivo (derme).
- Pinocitose:** ingestão de proteínas e outras substâncias solúveis pela célula.
- Placenta:** ocorre apenas nos mamíferos. Por ser formada pela união de anexos embrionários fetais mais tecidos maternos, muitos autores consideram a placenta como um órgão, e não como um anexo embrionário. A placenta permite a fixação do embrião na parede do útero, realiza trocas gasosas entre o feto e o sangue materno, permite a passagem de nutrientes para o embrião e promove a retirada de excretos.
- Plasmólise:** saída de água do citoplasma, com retracção da membrana plasmática.
- Procariontes:** seres unicelulares, sem um sistema de endomembrana, nem organelas; não existe carioteca envolvendo o material genético. Na mitose, a profase caracteriza-se pela individualização dos cromossomos duplicados no interior do núcleo, pelo aparecimento do fuso mitótico e pela decomposição da cariomembrana.
- Protoplasma:** conteúdo gelatinoso da célula. Sinónimo de matéria viva da célula.
- Pseudoceloma:** cavidade do corpo não revestida por completo pelo mesoderme.
- Quimiossíntese:** síntese de matéria orgânica realizada por bactérias sem aproveitamento da luz solar, mas utilizando a energia de alguma reacção exotérmica.
- Retículo endoplasmático:** pode ser considerado uma rede de distribuição, levando material de que a célula necessita de um ponto qualquer até o seu ponto de utilização. Tem portanto a função de transporte servindo como canal de comunicação entre o núcleo e o citoplasma. Dá origem as vesículas de transporte para o Complexo de Golgi.
- Retina:** região do olho sensível à luz.
- Sacarase:** enzima que desdobra a sacarose em glicose e frutose.
- Sacarose:** açúcar predominante na cana-de-açúcar.
- Saco embrionário:** estrutura presente no óvulo das plantas fanerógamas; origina-se a partir do desenvolvimento do megásporo funcional.
- Sangue:** tecido líquido que circula pelo sistema vascular sanguíneo dos animais vertebrados e que tem como função a manutenção da vida do organismo. O sangue é constituído, em volume, por 45% de células sanguíneas e 55% de plasma sanguíneo.
- Semipermeável:** da membrana ou parede através da qual pode ocorrer osmose, mas que impede a mistura livre dos fluidos entre os quais se acha interposta.
- Sinapse nervosa:** região de contacto entre neurónios.
- Tecido:** um conjunto de células semelhantes, que executam uma mesma função.
- Tecido conjuntivo:** um dos principais tecidos do organismo, formado por fibras conjuntivas e elásticas e células. Também se chama tecido conectivo.
- Telolecítico:** ovo rico em vitelo.
- Tendões:** estruturas que prendem os músculos aos ossos.
- Trombo:** coágulo sanguíneo que se forma dentro dos vasos do sistema circulatório.
- Uréia:** excreto nitrogenado produzido no fígado dos vertebrados, a partir de amónia e dióxido de carbono.
- Vacúolo:** vesícula muito abundante nas células vegetais, ocupando grandes porções do citoplasma. Muitas vezes, no líquido vacuolar estão dissolvidos pigmentos, caso em que tomam o nome de vacúolos de suco celular. Nas células animais os vacúolos são raros e não têm nenhum nome específico. O vacúolo é menor nos protozoários, servindo para controlar entrada e saída de água.
- Vacúolo autofágico:** vacúolo especializado na digestão de partes da célula que o contém.
- Vacúolo digestivo:** bolsa membranosas formada pela união de lisossomas com fagossomas ou pinossomas, onde ocorre a digestão intracelular.
- Vírus:** organismo acelulares de organização muito simples e todos parasitas intracelulares.



- Almeida, F. C. de. *et. al. Biologia*, São Paulo, Editora Moderna, 2003.
- Amabis, J. M.; Martho, G. R. *Biologia das Células I*, São Paulo, Editora Moderna, 2003.
- Amabis, J. M.; Martho, G. R. *Biologia dos Organismos II*, São Paulo, Editora Moderna, 2003.
- Domingues, H. V, *et al. O Mistério da Vida – Ciências da Natureza*, Lisboa, Texto Editora, 2001.
- Müller, S. *Biologia 12.ª classe*, Maputo, Texto Editores, 2007.
- Müller, S. *Biologia: Admissão ao Ensino Superior*, Maputo, Texto Editores, 2008.
- Silva, A. Dias da; Gramaxo, F. Santos, M. E. *Terra, Universo de Vida*, Lisboa, Porto Editora, 2002.
- Silva Júnior, C. da; Sasson, Sezar. *Biologia 1*, São Paulo, Editora Saraiva, 2002.
- Silva Júnior, C. da; Sasson, Sezar. *Biologia 2*, São Paulo, Editora Saraiva, 2002.
- Van Cleave, J. *Biologia para Jovens*, Lisboa, Publicações Dom Quixote, 1994.





## Susann Müller

Doutorada em Ciências Pedagógicas (Didáctica da Biologia) pela Universidade de Rostock e licenciada em Ciências de Biologia e Química pela Escola Superior Pedagógica de Güstrow. Leccionou Biologia e Química da 5.<sup>a</sup> à 10.<sup>a</sup> classe. Actualmente, é docente de Didáctica de Biologia, de Práticas e Experiências Escolares, Desenvolvimento Curricular, Saúde Pública e Higiene e Segurança no Trabalho na Universidade Pedagógica. Foi responsável pela elaboração de materiais para o Ensino à Distância na disciplina de Biologia, no Ministério da Educação e autora de vários livros escolares para o Ensino Básico, Secundário e Universitário. Foi colaboradora na monitoria de vários projectos educacionais, tais como o da implementação dos novos «currícula» do Ensino Básico e da formação de professores em exercício (CRESCER).

Foi Chefe do Departamento de PAGE (Planificação, Administração e Gestão da Educação) da Faculdade de Ciências Pedagógicas da UP.

### 11.ª Classe

**Agro-Pecuária<sup>1</sup>**  
978-902-47-5500 4

**Biologia<sup>1</sup>**  
978-902-47-5475 5

**Desenho e Geometria Descritiva<sup>1</sup>**  
978-902-47-5484 7

**Educação Visual<sup>1</sup>**  
978-902-47-5502 8

**Geografia<sup>1</sup>**  
978-902-47-5477 9

**História<sup>1</sup>**  
978-902-47-5476 2

**Filosofia<sup>1</sup>**  
978-902-47-5483 0

**Matemática – Letras<sup>1</sup>**  
978-902-47-5481 6

**Física<sup>2</sup>**  
978-902-47-5479 3

**Inglês<sup>2</sup>**  
978-902-47-5482 3

**Matemática<sup>2</sup>**  
978-902-47-5480 9

**Português<sup>2</sup>**  
978-902-47-5474 8

**Química<sup>2</sup>**  
978-902-47-5478 6

**TIC<sup>2</sup>**  
978-902-47-5422 9

### 12.ª Classe

**Agro-Pecuária<sup>1</sup>**  
978-902-47-5498 4

**Biologia<sup>1</sup>**  
978-902-47-5489 2

**Desenho e Geometria Descritiva<sup>1</sup>**  
978-902-47-5495 3

**Física<sup>1</sup>**  
978-902-47-5501 1

**Geografia<sup>1</sup>**  
978-902-47-5493 9

**Filosofia<sup>11</sup>**  
978-902-47-5491 5

**Matemática – Letras<sup>1</sup>**  
978-902-47-5487 8

**Empreendedorismo<sup>1</sup>**  
978-902-47-5462 5

**Química<sup>1</sup>**  
978-902-47-5499 1

**História<sup>2</sup>**  
978-902-47-5488 5

**Inglês<sup>2</sup>**  
978-902-47-5490 8

**Matemática<sup>2</sup>**  
978-902-47-5486 1

**Português<sup>2</sup>**  
978-902-47-5485 4

**TIC<sup>2</sup>**  
978-902-47-5494 6

### Acesso ao Ensino Superior

**Matemática**  
978-902-47-6101 2

**Física**  
978-902-47-6102 9

**Química**  
978-902-47-6103 6

**Biologia**  
978-902-47-6104 3



<sup>1</sup> Livros no sistema de ensino

<sup>2</sup> Livros de apoio e consulta





## HINO NACIONAL

### Pátria Amada

Na memória de África e do Mundo  
Pátria bela dos que ousaram lutar  
Moçambique o teu nome é liberdade  
O sol de Junho para sempre brilhará.

### Coro

Moçambique nossa terra gloriosa  
Pedra a pedra construindo o novo dia  
Milhões de braços, uma só força  
Ó pátria amada vamos vencer.

Povo unido do Rovuma ao Maputo  
Colhe os frutos do combate pela Paz  
Cresce o sonho ondulado na Bandeira  
E vai lavrando na certeza do amanhã.

Flores brotando do chão do teu suor  
Pelos montes, pelos rios, pelo mar  
Nós juramos por ti, ó Moçambique  
Nenhum tirano nos irá escravizar.



	Texto Editores	978-902-47-5489-2
www.leya.co.mz	E-mail: info@me.co.mz	Ensino Secundário