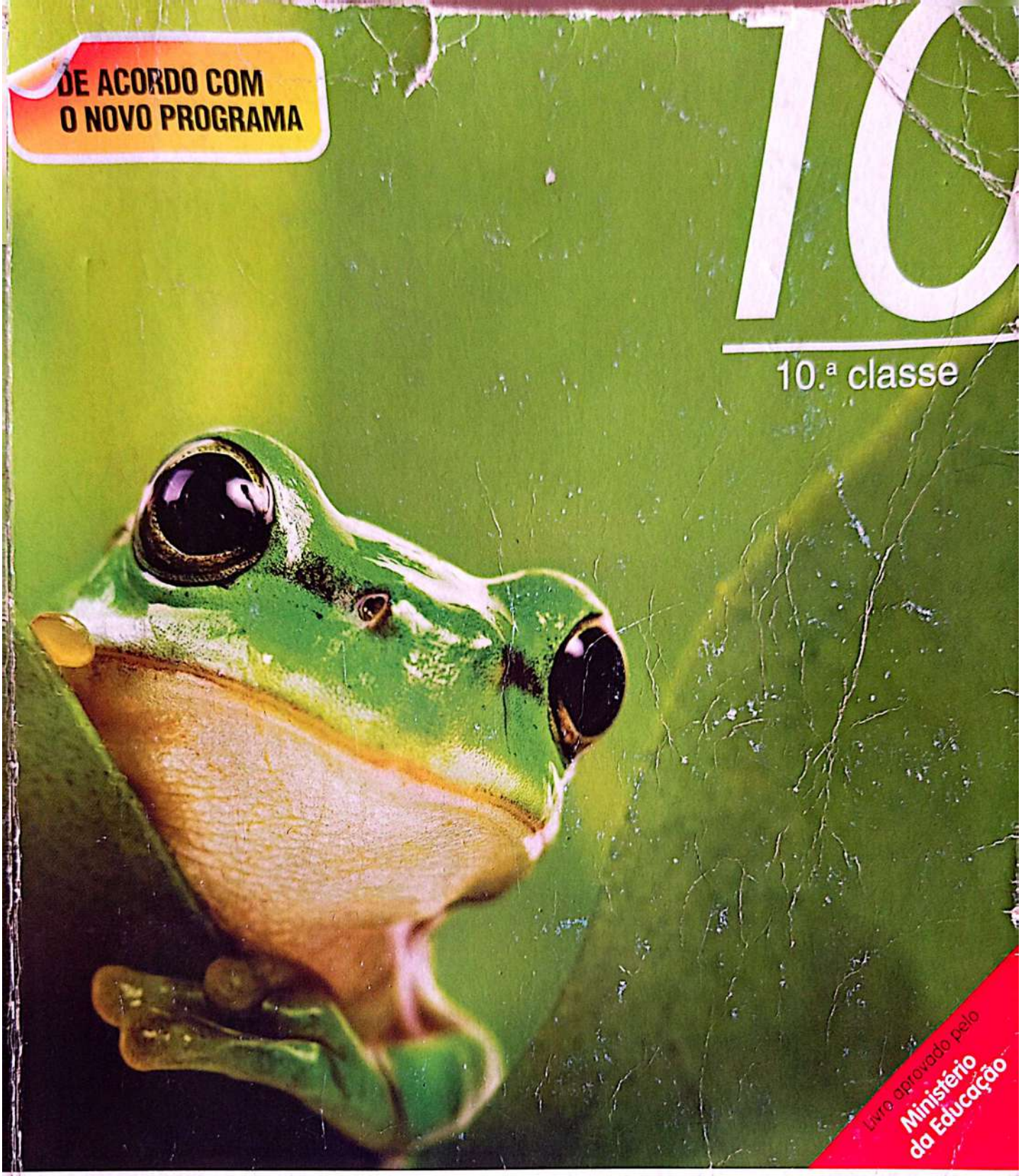
DE ACORDO COM O NOVO PROGRAMA

10

10.ª classe



Livro aprovado pelo Ministério da Educação

Cecília Noronha / Celeste Mondego / Teresa Murta

Biologia

PLURAL EDITORES
GRUPO PORTO EDITORA

LIVRO DO ALUNO

Inclui resumos da matéria e exercícios de avaliação

Digitalizada com CamScanner

Título
Biologia
10.ª classe

Autoras
Cecília Noronha
Celeste Mondego
Teresa Murta

Editora
Plural Editores

© PORTO EDITORA

PLURAL EDITORES
GRUPO PORTO EDITORA

Moçambique

Av. Patrice Lumumba, 765 | Maputo
Telef. 21 36 09 00
Cel. 82 32 24 960 | 84 30 28 212
Fax 21 30 88 68
E-mail plural@pluraleditores.co.mz

www.pluraleditores.co.mz

2021
Execução gráfica **Bloco Gráfico**
INLD 6734/RLINLD/2010

Digitalizada com CamScanner

10

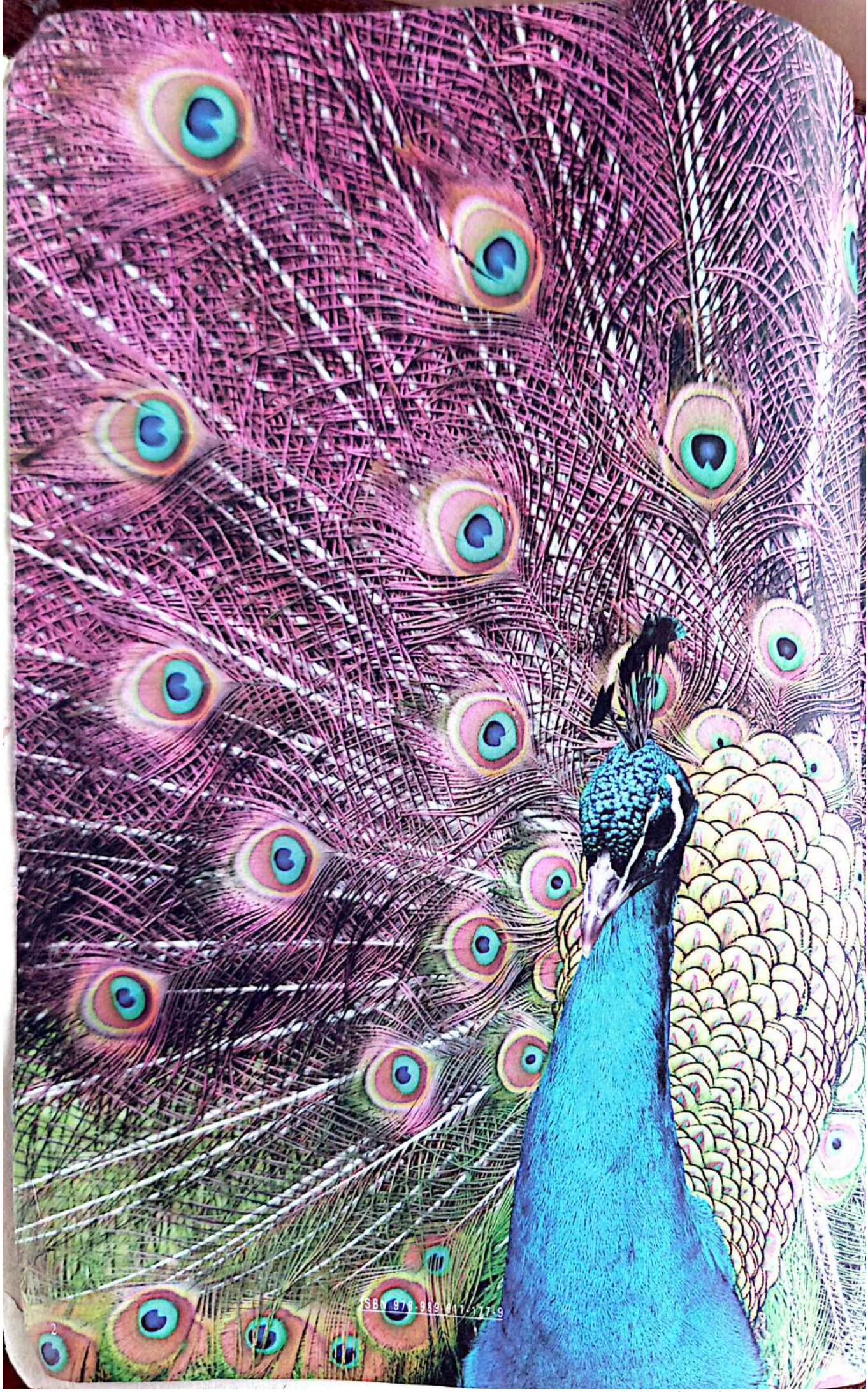
10.ª classe

Cecília Noronha
Celeste Mondego
Teresa Murta

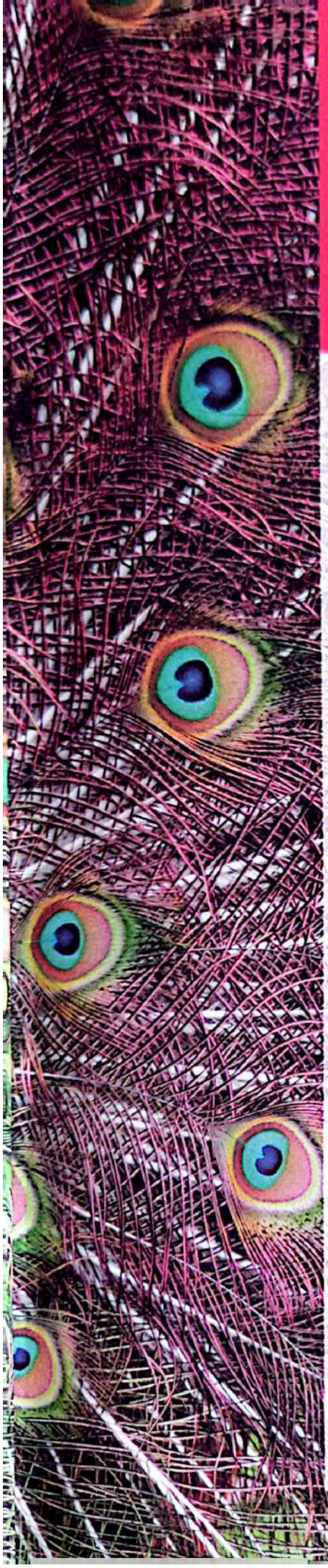
Biologia

PLURAL EDITORES
GRUPO PORTO EDITORA

Digitalizada com CamScanner



Digitalizada com CamScanner



APRESENTAÇÃO

Caro aluno

No livro que agora te apresentamos estão contidos os temas que fazem parte do programa actual de Biologia para a 10.ª classe.

Ao longo da tua aprendizagem vais encontrar conteúdos muito interessantes que, esperamos, te despertem a curiosidade para aprofundares os teus conhecimentos.

Na primeira e segunda unidades poderás compreender as leis da hereditariedade e o modo como funcionam os genes, assim como a razão pela qual todos os seres vivos, embora diferentes uns dos outros, são sempre semelhantes aos seus progenitores.

A terceira unidade explica-te a origem da vida no nosso planeta e como os seres vivos evoluíram até à enorme diversidade de animais, plantas e microrganismos que nos rodeia, e da qual faz parte o Homem.

Aprenderás também como a Terra se tem transformado e como é possível aprender um pouco da sua história, através dos vestígios e fósseis sucessivamente deixados pelos diferentes seres vivos que povoaram a Terra, desde a sua formação há 4600 M.a.

Na quarta unidade vais relembrar a importância da relação entre os seres vivos e a Natureza. Poderás aplicar os teus conhecimentos na protecção e conservação dos nossos recursos naturais, ameaçados pela interferência cada vez maior do Homem nos ecossistemas.

Na rubrica Actividades terás de responder a questões que te são propostas com o objectivo de consolidares os conhecimentos adquiridos e desenvolveres as tuas capacidades de compreensão e análise.

Em cada unidade encontrarás a rubrica Queres saber mais?, com assuntos que consideramos interessantes para complementar o que aprendeste, uma Síntese que te ajudará a sistematizar a matéria leccionada e exercícios de auto-avaliação que poderás resolver para verificar se aprendeste as matérias leccionadas.

Escrevemos este livro a pensar em ti. Esperamos que corresponda às tuas expectativas.

As autoras

Digitalizada com CamScanner

EXPLORAÇÃO DO MANUAL

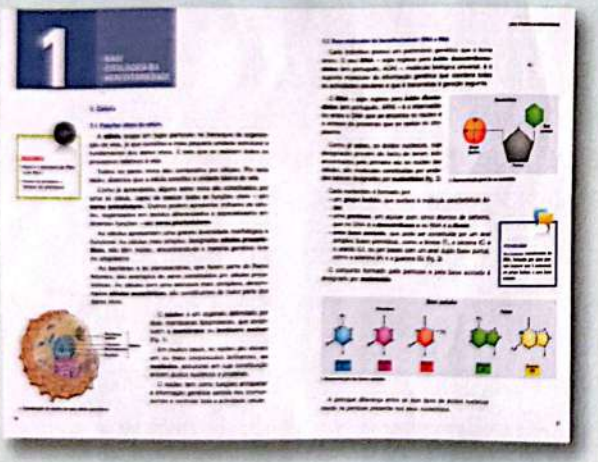
Como utilizar o manual?

O manual **Biologia 10.ª classe** pretende aplicar, de uma forma pedagogicamente adequada, as linhas orientadoras do currículo do Ensino Secundário Geral conjugadas com os conteúdos da disciplina de **Biologia da 10.ª classe**. Está estruturado em quatro unidades temáticas e as competências e orientações do programa são desenvolvidas de forma coerente, funcional e atractiva.

No manual do aluno, entre outros aspectos, propomos:

Dupla página de abertura de tema

Imagem sugestiva relacionada com os conteúdos a abordar.



Descobrir • Investigar

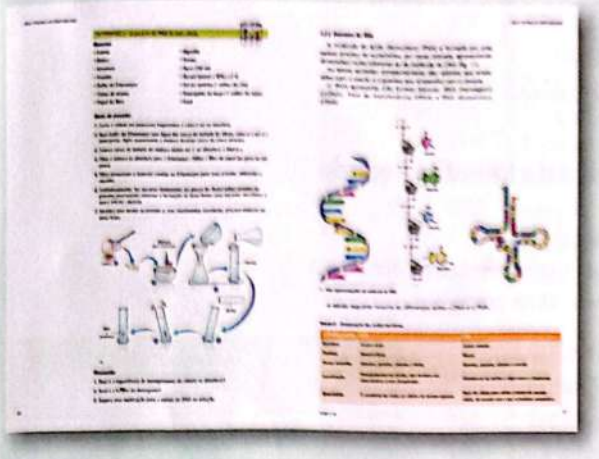
A rubrica *Descobre* permite aprendizagens a partir de problemas e questões.

Na rubrica *Conceitos/Vocabulário* são explicitados alguns termos e conceitos, tendo em vista uma melhor compreensão dos textos.

Desenvolvimento de conteúdos

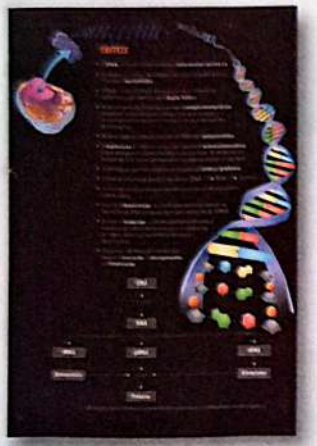
Textos, imagens, esquemas e tabelas com informação rigorosa e actualizada.

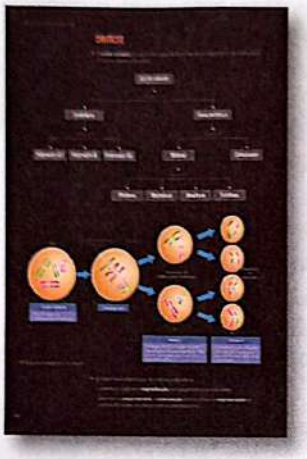
Digitalizada com CamScanner



Experimentar • Observar

Actividades de carácter prático e experimental para desenvolver a capacidade de cooperação e o espírito investigativo.



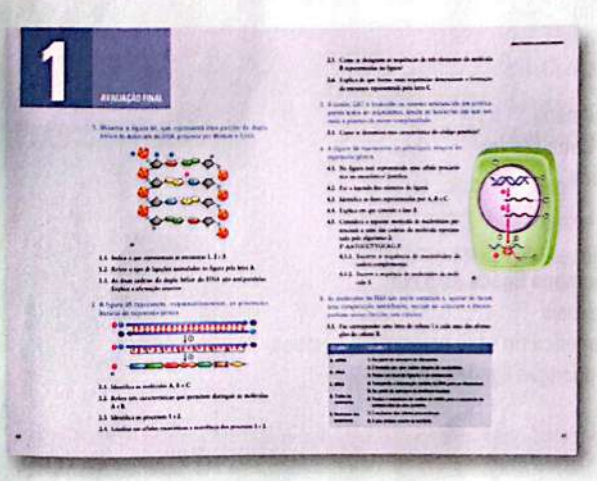


Recordar • Sistematizar

A rubrica *Síntese* permite sistematizar as aprendizagens.

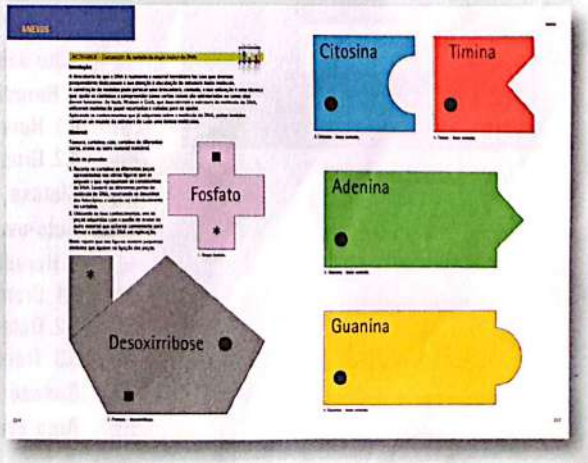
Utilizar • Aplicar

Para verificar a aprendizagem e a aplicação dos conceitos básicos, é proposto, no final de cada unidade, um conjunto de questões.



Sensibilizar • Ampliar

As últimas páginas do manual incluem materiais para construção de modelos e apresenta factos relevantes. Incluem também um glossário com a explicação de conceitos relacionados com os conteúdos do manual.



Digitalizada com CamScanner

ÍNDICE

1. Base citológica da hereditariedade

10 **1. Célula**
10 1.1. Funções vitais da célula
11 1.2. Base molecular da hereditariedade: DNA e RNA
18 1.3. Mecanismo de síntese de proteínas
26 **Síntese**
27 **Auto-avaliação**
28 1.4. Os cromossomas
36 **Síntese**
36 **Auto-avaliação**
37 **2. Ciclo celular**
38 2.1. Fases e subfases do ciclo celular
44 **Síntese**
45 **Auto-avaliação**
46 **3. Meiose**
46 3.1. Fases da meiose
48 3.2. Importância biológica da meiose
49 3.3. Comparação entre mitose e meiose
50 3.4. Mitose e reprodução assexuada
50 3.5. Meiose e reprodução sexuada
52 **Síntese**
52 **Auto-avaliação**
53 **4. Gametogénese**
53 4.1. Ovogénese
55 4.2. Espermatogénese
56 4.3. Comparação entre a ovogénese e a espermatogénese
57 **5. Fecundação**
57 **6. Comparação entre a reprodução sexuada e a reprodução assexuada**
58 **Síntese**
59 **Auto-avaliação**
60 **Avaliação final**

2. Introdução à Genética

70 **1. Introdução à genética**
71 **2. A vida e as experiências de Mendel**
72 2.1. As experiências de Mendel
73 2.2. Mono-hibridismo
79 2.3. Di-hibridismo
81 2.4. Dominância incompleta e codominância
82 **3. As leis de Mendel**
84 3.1. Xadrez mendeliano
87 **Síntese**
88 **Auto-avaliação**
90 **4. Hereditariedade humana**
91 4.1. Hereditariedade autossómica
94 4.2. Grupos sanguíneos
100 **Síntese**
100 **Auto-avaliação**
102 **5. Hereditariedade humana ligada ao sexo**
102 5.1. Cromossomas sexuais
103 5.2. Determinação genética do sexo na espécie humana
104 5.3. Transmissão de doenças ligadas ao sexo
108 **Síntese**
108 **Auto-avaliação**

Digitalizada com CamScanner

109 **6. Mutações**
109 6.1. Mutações génicas
111 6.2. Mutações cromossómicas
116 6.3. Agentes mutagénicos
117 6.4. Comparação entre doenças hereditárias e doenças infecciosas
118 6.5. Aplicação da genética na agricultura, na pecuária e na medicina
123 **Síntese**
123 **Auto-avaliação**
126 **Avaliação final**

3. Evolução

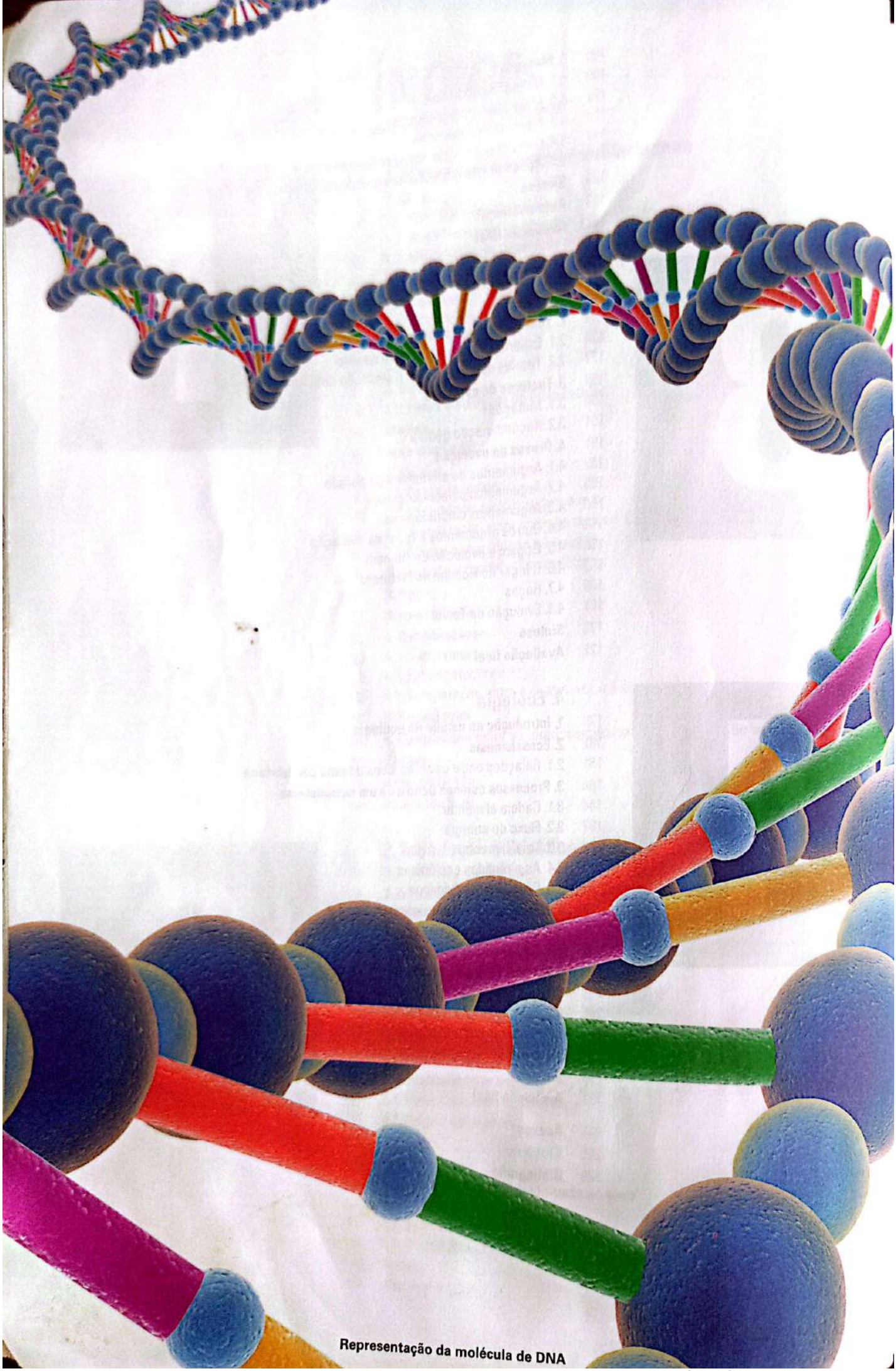
134 **1. Evolução**
134 **2. Teoria científica sobre a origem da vida**
136 2.1. Experiência sobre a origem da vida
137 2.2. Teorias sobre a origem e evolução dos seres vivos
150 **3. Factores de evolução**
150 3.1. Mutações
151 3.2. Recombinação génica
151 **4. Provas da evolução**
152 4.1. Argumentos de anatomia comparada
155 4.2. Argumentos paleontológicos
156 4.3. Argumentos embriológicos
156 4.4. Outros argumentos a favor da evolução
158 4.5. Origem e evolução do Homem
163 4.6. O lugar do Homem na Natureza
165 4.7. Raças
167 4.8. Evolução da Terra
171 **Síntese**
172 **Avaliação final**

4. Ecologia

178 **1. Introdução ao estudo da ecologia**
181 **2. Ecossistemas**
181 2.1. Relações entre os seres vivos de uma comunidade
184 **3. Processos comuns dentro de um ecossistema**
184 3.1. Cadeia alimentar
187 3.2. Fluxo de energia
187 3.3. Teia alimentar
188 3.4. As pirâmides ecológicas
189 3.5. Ciclos biogeoquímicos
194 **4. Alterações dos ecossistemas**
194 4.1. Desequilíbrio dos ecossistemas por causas naturais
196 4.2. Desequilíbrio dos ecossistemas por acção humana
203 **5. Protecção dos ecossistemas**
203 5.1. Criação de áreas protegidas
205 5.2. Tratamento de resíduos sólidos
206 5.3. Tratamento de águas residuais
206 5.4. Controlo biológico das pragas
209 **Síntese**
211 **Avaliação final**

214 **Anexos**
221 **Glossário**
224 **Bibliografia**

Digitalizada com CamScanner



Representação da molécula de DNA

Digitalizada com CamScanner

1 BASE CITOLÓGICA DA HEREDITARIEDADE

1. CÉLULA

2. CICLO CELULAR

3. MEIOSE

4. GAMETOGÉNESE

5. FECUNDAÇÃO

6. COMPARAÇÃO ENTRE A REPRODUÇÃO SEXUADA E A REPRODUÇÃO ASSEXUADA

Digitalizada com CamScanner

1 BASE CITOLÓGICA DA HEREDITARIEDADE

1. Célula

1.1. Funções vitais da célula

DESCOBRE

- Qual é a estrutura do DNA e do RNA?
- Como se processa a síntese de proteínas?

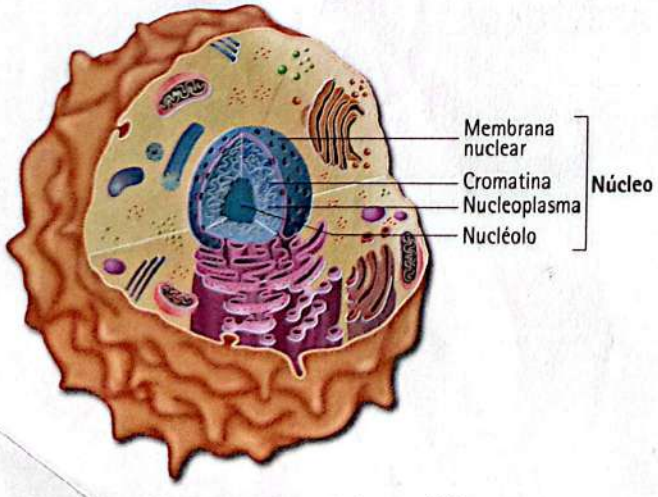
A **célula** ocupa um lugar particular na hierarquia da organização da vida, já que constitui a mais pequena unidade estrutural e fundamental dos seres vivos. É nela que se realizam todos os processos relativos à vida.

Todos os seres vivos são compostos por células. Por esta razão, dizemos que a célula constitui a unidade básica da vida.

Como já aprendeste, alguns seres vivos são constituídos por uma só célula, capaz de realizar todas as funções vitais – são **seres unicelulares**. Outros podem apresentar milhares de células, organizadas em tecidos diferenciados e especializados em diversas funções – são **seres pluricelulares**.

As células apresentam uma grande diversidade morfológica e funcional. As células mais simples, designadas **células procarióticas**, não têm núcleo, encontrando-se o material genético livre no citoplasma.

As bactérias e as cianobactérias, que fazem parte do Reino Monera, são exemplos de seres constituídos por células procarióticas. As células com uma estrutura mais complexa, denominadas **células eucarióticas**, são constituintes da maior parte dos seres vivos.



1. Constituição do núcleo de uma célula eucariótica.

O **núcleo** é um organelo delimitado por duas membranas lipoproteicas, que constituem a **membrana** ou **invólucro nuclear** (fig. 1).

Em muitos casos, no núcleo são visíveis um ou mais corpúsculos brilhantes, **os nucléolos**, estruturas em cuja constituição entram ácidos nucleicos e proteínas.

O núcleo tem como funções armazenar a informação genética contida nos cromossomas e controlar toda a actividade celular.

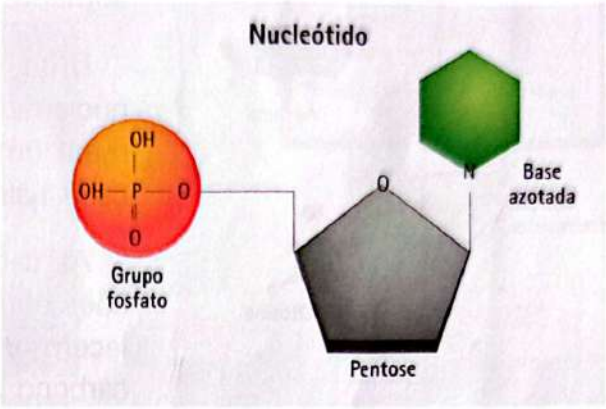
Digitalizada com CamScanner

1.2. Base molecular da hereditariedade: DNA e RNA

Cada indivíduo possui um património genético que o torna único. O seu **DNA** – sigla inglesa para **ácido desoxirribonucleico** (em português, ADN) –, molécula biológica universal, é o suporte molecular da informação genética que coordena todas as actividades celulares e que é transmitida à geração seguinte.

O **RNA** – sigla inglesa para **ácido ribonucleico** (em português, ARN) – é o intermediário entre o DNA que se encontra no núcleo e a síntese de proteínas que se realiza no citoplasma.

Como já sabes, os ácidos nucleicos, cuja designação provém do facto de terem sido encontrados pela primeira vez no núcleo das células, são moléculas constituídas por unidades básicas designadas por **nucleótidos** (fig. 2).



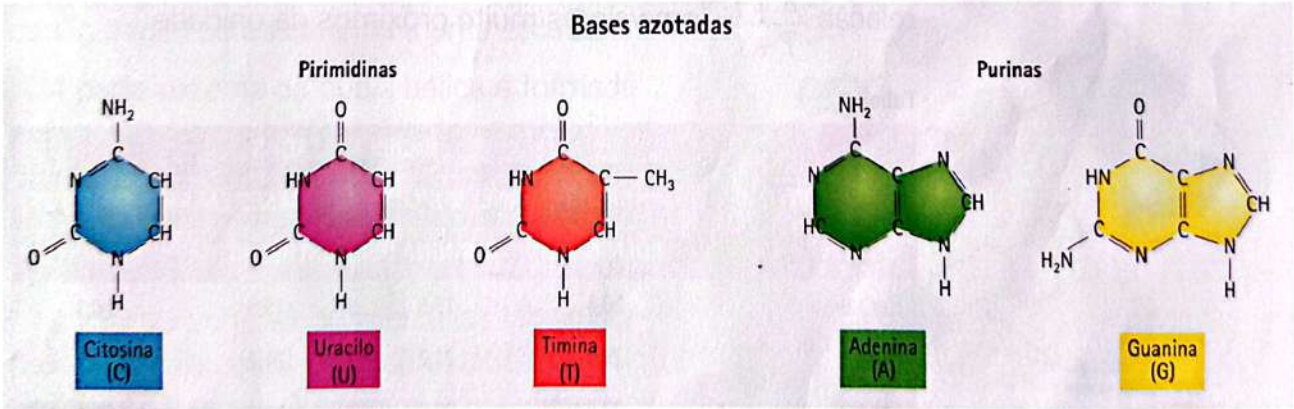
2. Representação geral de um nucleótido.

Cada nucleótido é formado por:
- um **grupo fosfato**, que confere à molécula características ácidas;
- uma **pentose**, um açúcar com cinco átomos de carbono, que no DNA é a **desoxirribose** e no RNA é a **ribose**;
- **uma base azotada**, que pode ser constituída por um anel simples (base pirimídica), como a timina (T), a citosina (C) e o uracilo (U), ou por bases com um anel duplo (base púrica), como a adenina (A) e a guanina (G) (fig. 3).

O conjunto formado pela pentose e pela base azotada é designado por **nucleósido**.

VOCABULÁRIO

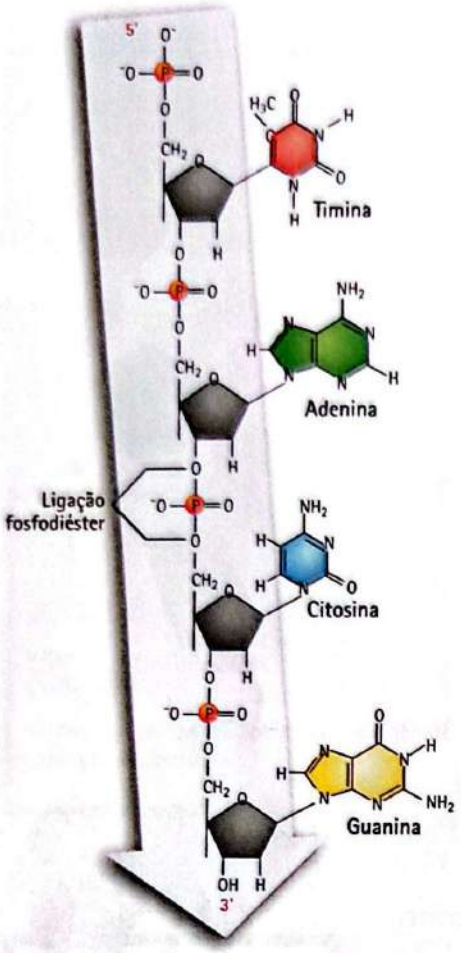
Nucleótido: constituinte do DNA, formado por uma pentose (açúcar com 5 carbonos), um grupo fosfato e uma base azotada.



3. Representação das bases azotadas.

A principal diferença entre os dois tipos de ácidos nucleicos reside na pentose presente nos seus nucleótidos.

Digitalizada com CamScanner



4. Representação da estrutura química de um fragmento de uma cadeia polinucleotídica.

Assim, enquanto a pentose presente nos nucleótidos de RNA é a **ribose**, no DNA encontra-se a **desoxirribose**.

Cada um dos ácidos nucleicos apresenta quatro tipos de bases azotadas. A adenina, a guanina e a citosina estão presentes tanto no DNA como no RNA. A timina surge apenas no DNA, enquanto o uracilo ocorre somente no RNA.

Uma molécula de DNA é constituída por duas cadeias nucleotídicas unidas por pontes de hidrogénio que formam uma dupla hélice. Uma molécula de RNA é uma cadeia simples de nucleótidos.

As cadeias de DNA e de RNA formam-se pelas ligações entre os nucleótidos. Estas ligações que se estabelecem entre o grupo fosfato de um dos nucleótidos e o carbono 3' da pentose do nucleótido seguinte são chamadas **ligações fosfodiéster**. O processo repete-se na direcção 5' → 3' (fig. 4).

1.2.1. Estrutura do DNA

Em meados do século XX, foram produzidos trabalhos cujos resultados conduziram à descoberta da estrutura do ácido desoxirribonucleico (DNA).

Análises relativas à composição quantitativa dos diferentes nucleótidos revelaram que, em cada espécie, a quantidade de adenina era muito próxima da quantidade de timina e a quantidade de guanina muito próxima da de citosina (tabela I).

A quantidade total de adenina e guanina é sempre igual à quantidade de timina mais citosina, o que equivale a dizer que a relação $\frac{A+G}{T+C}$ tem valores muito próximos da unidade.

Tabela I

FONTE	BASES AZOTADAS			
	BASES EM ANEL DUPLO		BASES EM ANEL SIMPLES	
	ADENINA (%)	GUANINA (%)	CITOSINA (%)	TIMINA (%)
Ser humano	30,4	19,6	19,9	30,1
Boi	29,0	21,2	21,2	28,7
Esperma de salmão	29,7	20,8	20,4	29,1
Ouriço-do-mar	32,8	17,7	17,3	32,1
Trigo	28,1	21,8	22,7	27,4
Bactéria *(E. coli)*	24,7	26,0	25,7	23,6

Digitalizada com CamScanner

Maurice Wilkins e Rosalind Franklin (fig. 5), utilizando a difracção de raios X, que incidia sobre uma amostra de DNA cristalizado, obtiveram padrões que permitiram concluir que a molécula deveria ter uma estrutura helicoidal (fig. 6).

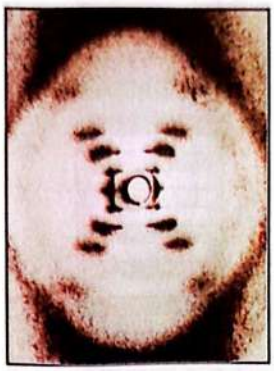
A observação ao microscópio electrónico mostrou que a espessura de uma molécula de DNA era o dobro da espessura de uma cadeia polinucleotídica.

VOCABULÁRIO

Difracção: fenómeno físico que ocorre quando uma onda (luminosa, sonora, electromagnética, etc.) contorna um obstáculo.

Helicoidal: em forma de hélice.

5. Rosalind Franklin.



6. Padrão de difracção do DNA obtido por Rosalind Franklin.

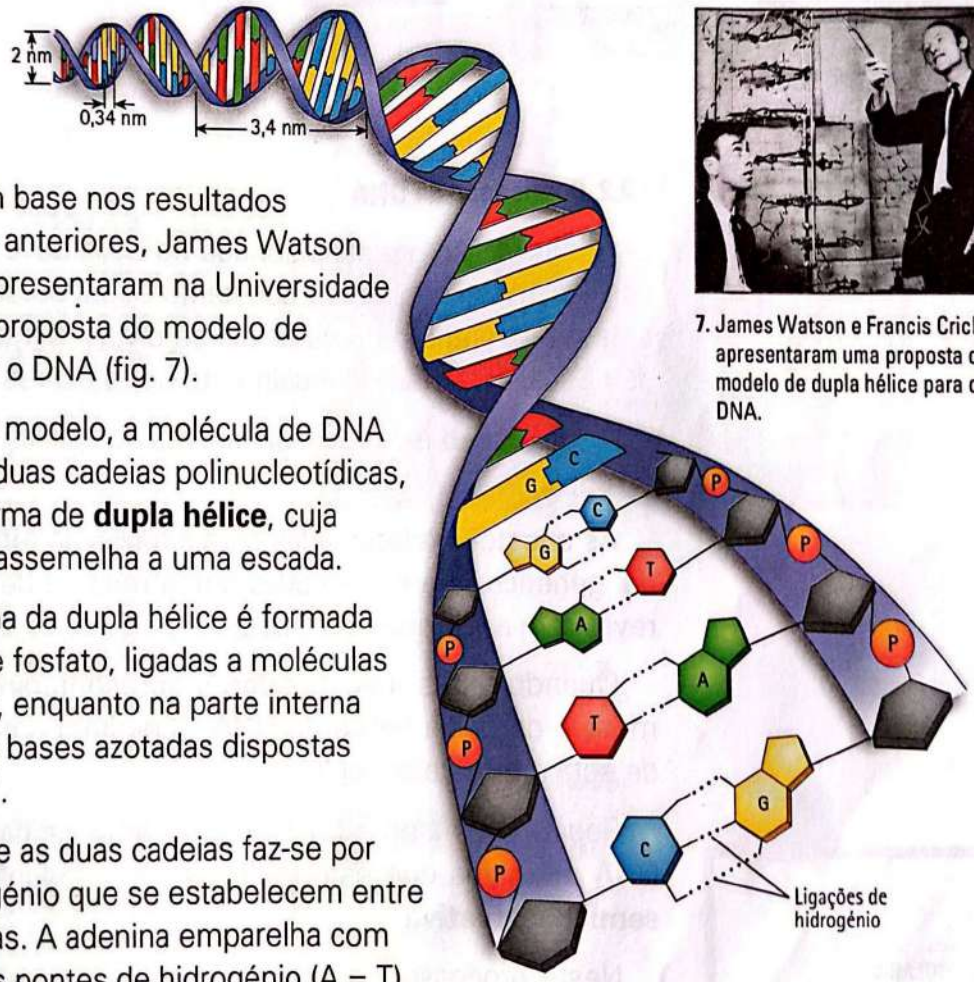
7. James Watson e Francis Crick apresentaram uma proposta de modelo de dupla hélice para o DNA.

Em 1953, com base nos resultados das experiências anteriores, James Watson e Francis Crick apresentaram na Universidade de Cambridge a proposta do modelo de dupla hélice para o DNA (fig. 7).

Segundo este modelo, a molécula de DNA é composta por duas cadeias polinucleotídicas, enroladas em forma de **dupla hélice**, cuja configuração se assemelha a uma escada.

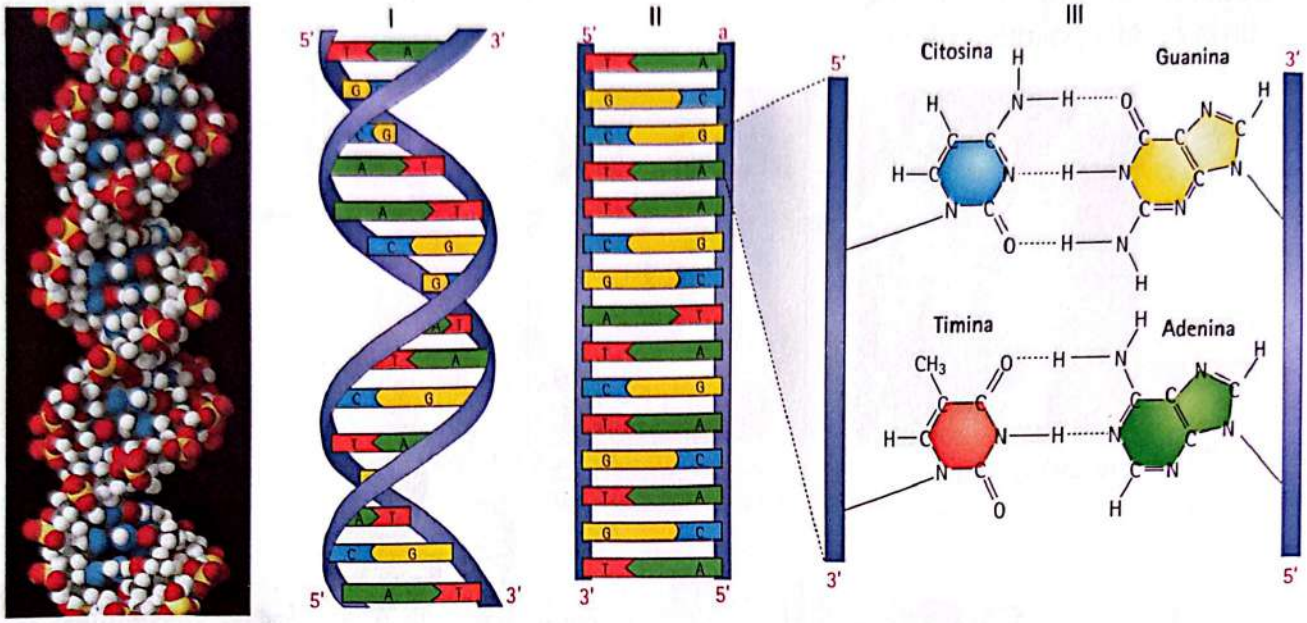
A parte externa da dupla hélice é formada por moléculas de fosfato, ligadas a moléculas de desoxirribose, enquanto na parte interna se encontram as bases azotadas dispostas como "degraus".

A ligação entre as duas cadeias faz-se por pontes de hidrogénio que se estabelecem entre as bases azotadas. A adenina emparelha com a timina por duas pontes de hidrogénio (A = T), enquanto a guanina se liga à citosina por três pontes de hidrogénio (G ≡ C). Por esta razão, diz-se que as bases A – T e G – C são **complementares**.



Digitalizada com CamScanner

As cadeias polinucleotídicas do DNA desenvolvem-se em sentidos opostos. Cada uma delas inicia-se por uma extremidade 5' e termina noutra, em 3'. À extremidade 3' de uma cadeia corresponde a extremidade 5' da outra cadeia. Por este motivo, chamam-se **cadeias antiparalelas**.



8. Modelo da molécula de DNA.

1.2.2. Replicação do DNA

A informação genética contida no DNA deve passar de célula para célula, mantendo-se constante ao longo das gerações. Por esta razão, antes de uma célula se dividir, ela tem de duplicar o seu DNA, para o dividir igualmente pelas células-filhas.

A **replicação** é o processo através do qual a molécula de DNA se duplica.

As questões relacionadas com a forma de replicação do material genético foram colocadas antes mesmo de Watson e Crick revelarem a estrutura do DNA.

Quando estes investigadores apresentaram a proposta do modelo de dupla hélice do DNA, sugeriram uma possível forma de esta molécula se replicar.

Segundo Watson e Crick, a complementaridade das bases do DNA permitiria que esta molécula se autoduplicasse de forma **semiconservativa**.

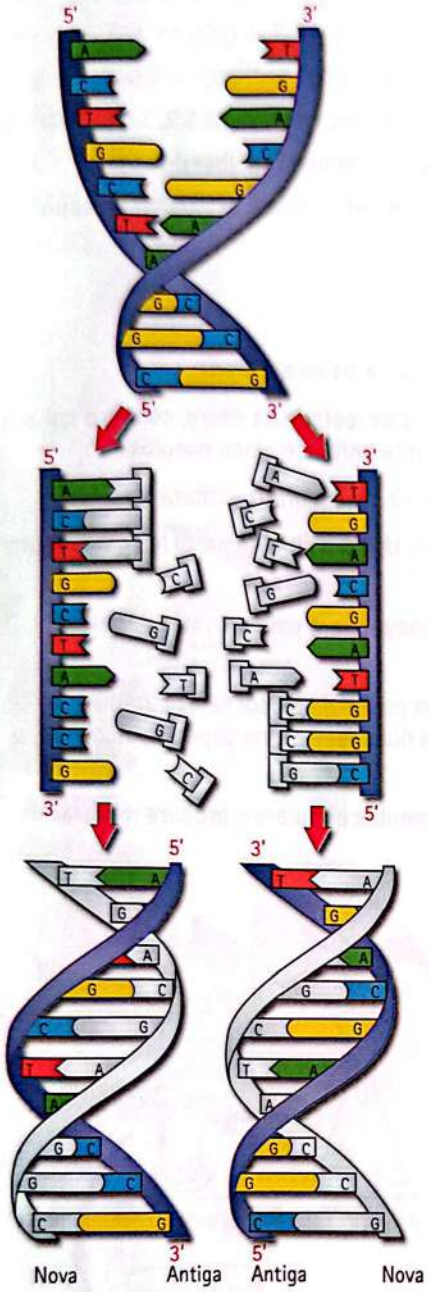
Neste processo, denominado **replicação semiconservativa**, cada uma das cadeias serviria de molde para uma nova cadeia e, consequentemente, cada uma das novas moléculas de DNA seria formada por uma cadeia antiga e uma cadeia recém-formada.

VOCABULÁRIO

(') : Símbolo usado para distinguir a numeração dos carbonos das oses.

Digitalizada com CamScanner

A figura seguinte apresenta um esquema do processo de replicação semiconservativa do DNA.



As duas cadeias da dupla hélice, na presença de enzimas específicas, *DNA polimerases*, separam-se por ruptura das ligações de hidrogénio.

Cada uma das cadeias serve de molde à formação de uma cadeia complementar, sendo utilizados nucleótidos que existem livres na célula.

Formam-se, simultaneamente, duas cadeias novas de desoxirribonucleótidos de acordo com a regra de complementaridade de bases. Estas novas cadeias são, pois, complementares de duas cadeias originais, sendo cada uma antiparalela em relação à que lhe serviu de molde.

9. Esquema do processo de replicação semiconservativa.

ACTIVIDADE 1 – Modelo de dupla hélice do DNA

1. Como se ligam os nucleótidos dentro da mesma cadeia de DNA?

2. Que tipos de ligações são estabelecidos entre as duas cadeias antiparalelas?

3. Com base na observação do modelo da figura 8, justifica o facto de a percentagem de timina ser igual à da adenina e a percentagem de guanina ser igual à de citosina.

4. Baseando-te no mesmo modelo, justifica a designação "cadeias antiparalelas".

Digitalizada com CamScanner

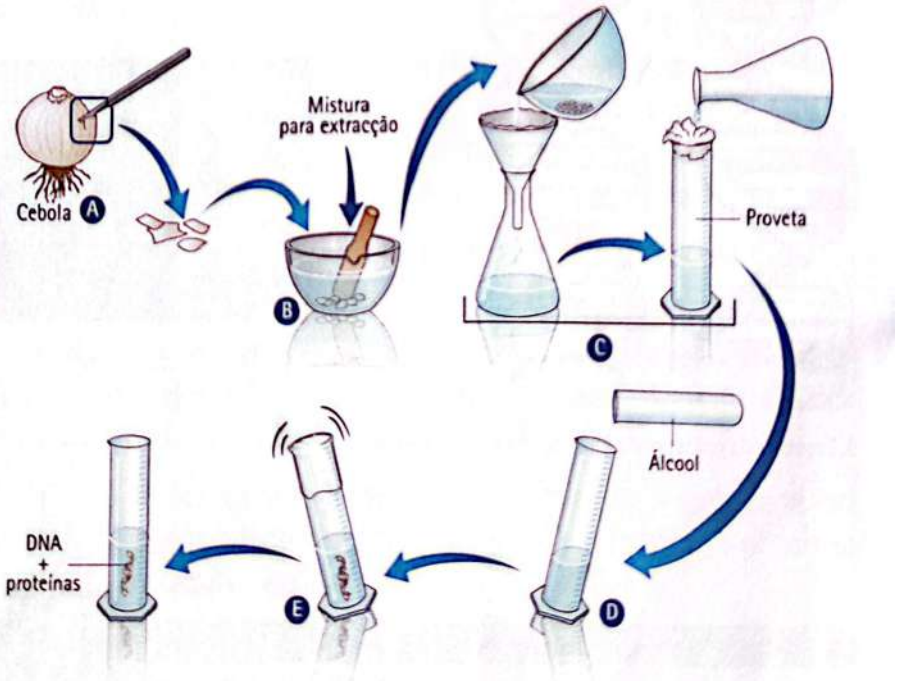
ACTIVIDADE 2 – Extracção do DNA de células vegetais

Material:

- Cebola
- Bisturi
- Almofariz
- Proveta
- Balão de Erlenmeyer
- Tubos de ensaio
- Papel de filtro
- Algodão
- Vareta
- Água (100 ml)
- Álcool (etanol a 95%) a 5 °C
- Sal de cozinha (1 colher de chá)
- Detergente da louça (1 colher de sopa)
- Funil

Modo de proceder:

1. Corta a cebola em pequenos fragmentos e coloca-os no almofariz.
2. Num balão de Erlenmeyer com água até cerca de metade da altura, coloca o sal e o detergente. Agita suavemente a mistura durante cerca de cinco minutos.
3. Coloca cerca de metade da mistura obtida em 2. no almofariz e tritura-a.
4. Filtra a mistura do almofariz para o Erlenmeyer. Utiliza o filtro de papel (ou gaze ou um pano).
5. Filtra novamente o material contido no Erlenmeyer para uma proveta, utilizando o algodão.
6. Cuidadosamente, faz escorrer lentamente um pouco de álcool pelas paredes da proveta, procurando observar a formação de duas fases: uma superior, alcoólica, e outra inferior, aquosa.
7. Introduz uma vareta na proveta e, com movimentos circulares, procura misturar as duas fases.



10.

Discussão:

1. Qual é a importância do esmagamento da cebola no almofariz?
2. Qual é a função do detergente?
3. Sugere uma explicação para a subida do DNA na solução.

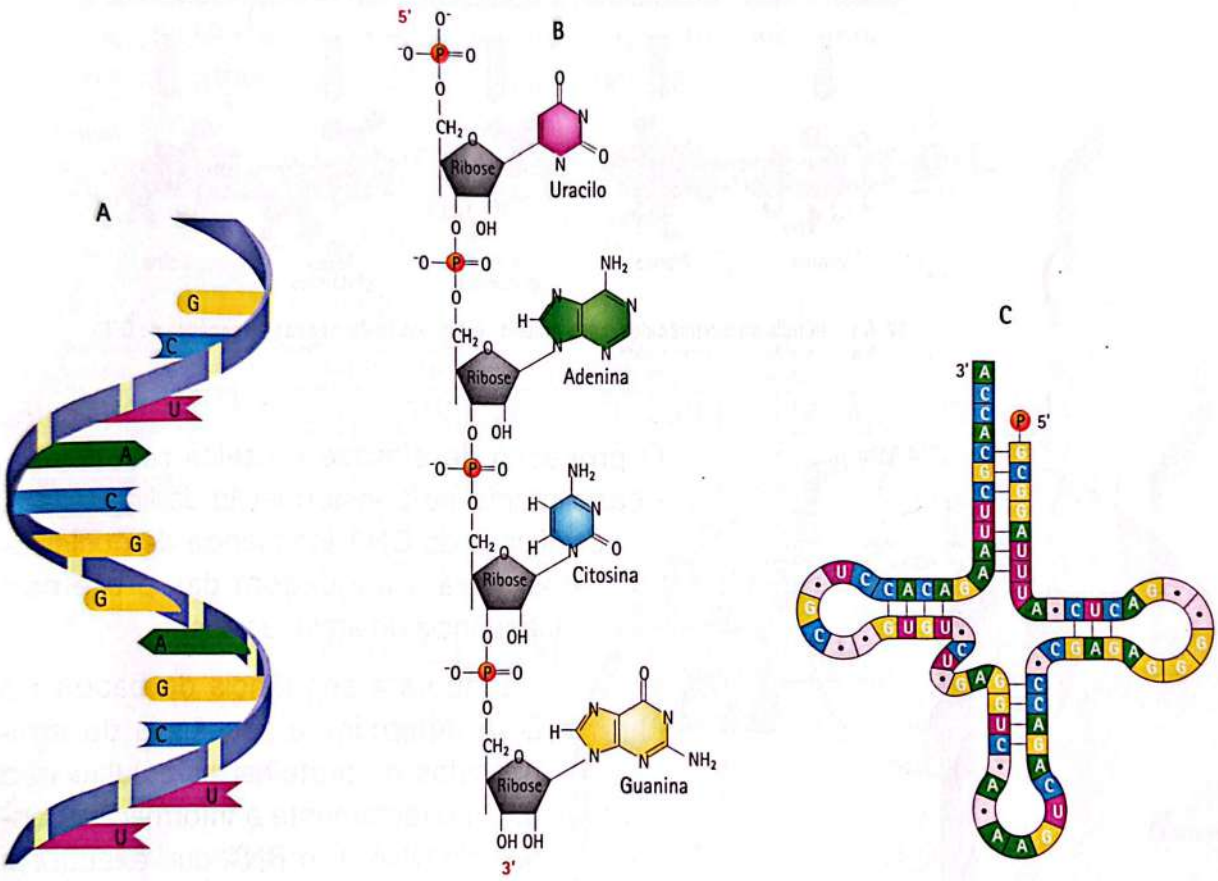
Digitalizada com CamScanner

1.2.3. Estrutura do RNA

A molécula do ácido ribonucleico (RNA) é formada por uma cadeia simples de nucleótidos, por vezes dobrada, apresentando dimensões muito inferiores às da molécula de DNA (fig. 11).

As bases azotadas complementares são a adenina, que emparelha com o uracilo e a guanina, que emparelha com a citosina.

O RNA apresenta três formas básicas: RNA mensageiro (mRNA), RNA de transferência (tRNA) e RNA ribossómico (rRNA).



11. Três representações da molécula de RNA: esquema (A); mRNA (B) e tRNA (C).

A tabela seguinte resume as diferenças entre o DNA e o RNA.

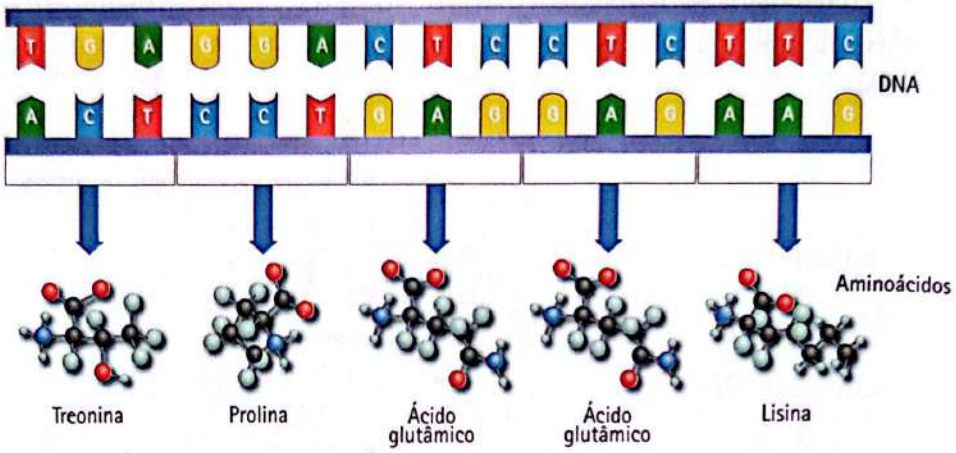
Tabela II – Comparação dos ácidos nucleicos.

ÁCIDO NUCLEICO	DNA	RNA
Estrutura	Cadeia dupla	Cadeia simples
Pentose	Desoxirribose	Ribose
Bases azotadas	Adenina, guanina, citosina e timina	Adenina, guanina, citosina e uracilo
Localização	Principalmente no núcleo, mas também nas mitocôndrias e nos cloroplastos.	Sintetiza-se no núcleo e migra para o citoplasma.
Quantidade	É constante em todas as células da mesma espécie.	Varia de célula para célula e dentro da mesma célula, de acordo com a sua actividade metabólica.

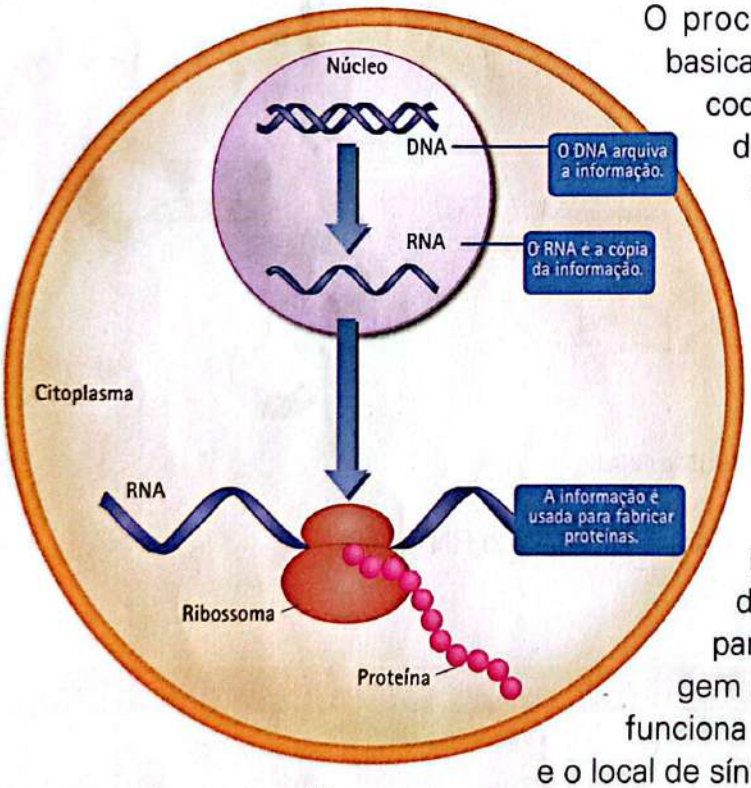
Digitalizada com CamScanner

1.3. Mecanismo de síntese de proteínas

Na célula, a informação para a síntese de cada proteína está contida nos genes, que são segmentos de DNA. A sequência dos nucleótidos de um gene determina a sequência dos aminoácidos numa dada proteína (fig. 12).



12. A sequência de aminoácidos numa proteína é expressão da mensagem genética do DNA.



13. Visão geral da expressão genética.

O processo de síntese proteica resume-se basicamente na transformação da linguagem codificada do DNA (sequência de nucleótidos) para a linguagem das proteínas (sequência de aminoácidos).

Embora a sequência de bases no DNA determine a sequência de aminoácidos na proteína, as células não usam directamente a informação contida no DNA. É o RNA que executa a transferência da informação.

Pesquisas de biologia molecular revelaram que a célula utiliza moléculas de RNA formadas no núcleo que migram para o citoplasma, transportando a mensagem que estava contida no DNA. Esse RNA funciona como mensageiro entre o DNA nuclear e o local de síntese de proteínas, o ribossoma.

Os ribossomas são organelos constituídos por duas subunidades de tamanhos diferentes em cuja constituição entram proteínas e RNA, chamado RNA ribossómico.

É nos ribossomas que é lida a mensagem contida no RNA mensageiro.

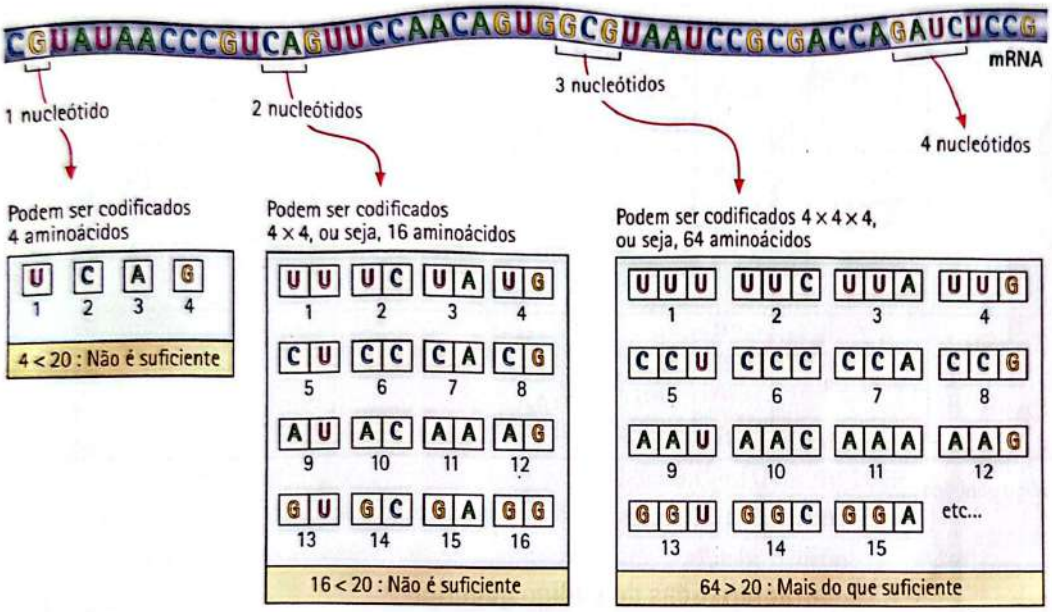
Digitalizada com CamScanner

1.3.1. Código genético

Eis algumas das questões que os biólogos moleculares colocaram até à década de 60 do século XX:

- Como é que, existindo quatro nucleótidos diferentes, é possível que estes codifiquem cerca de vinte aminoácidos diferentes?
- Que código será utilizado pelos genes?

Parecia evidente, para os investigadores da época, que o **código genético** resultava de uma sequência de nucleótidos e que esta sequência tinha correspondência com a sequência de aminoácidos. A questão residia em saber quantos nucleótidos seriam necessários para codificar um aminoácido.



14. Introdução ao código genético.

Se a cada nucleótido correspondesse um aminoácido, só seria possível codificar quatro aminoácidos. Os nucleótidos são apenas 4. Admitindo que 2 nucleótidos codificam um aminoácido, mesmo assim só se conseguiria obter a codificação de 16 aminoácidos diferentes ($4^2 = 16$). No entanto, admitindo que fosse necessária uma sequência de 3 nucleótidos para codificar um aminoácido, obtinham-se 64 combinações possíveis ($4^3 = 64$), mais do que as necessárias para os 20 aminoácidos que surgem habitualmente nas proteínas. Os investigadores verificaram que sequências de 3 nucleótidos formam o sistema de codificação mais simples utilizado pelas células vivas. Três nucleótidos consecutivos do DNA constituem um tripleto, que representa a mais pequena unidade de mensagem genética necessária à codificação de um aminoácido. Como existem sequências diferentes de tripletos, essas sequências vão permitir codificar a ordem dos aminoácidos que caracterizam diversas proteínas.

Digitalizada com CamScanner

Por cada **tripleto** de DNA é formado, por complementaridade, um tripleto de nucleótidos do RNA mensageiro, chamado **codão**, o qual codifica um determinado aminoácido.

O código genético é um quadro de correspondência entre 64 codões possíveis e os 20 aminoácidos existentes nas proteínas. Nem todos os codões codificam aminoácidos. Alguns determinam o início ou o fim da síntese de uma proteína (fig. 15).

1.ª Base	2.ª Base: U	2.ª Base: C	2.ª Base: A	2.ª Base: G	3.ª Base
U	UUU, UUC — Fenilalanina (Fen) UUA, UUG — Leucina (Leu)	UCU, UCC, UCA, UCG — Serina (Ser)	UAU, UAC — Tirosina (Tir) UAA — Codão de terminação UAG — Codão de terminação	UGU, UGC — Cisteína (Cis) UGA — Codão de terminação UGG — Triptofano (Trp)	U C A G
C	CUU, CUC, CUA, CUG — Leucina (Leu)	CCU, CCC, CCA, CCG — Prolina (Pro)	CAU, CAC — Histidina (His) CAA, CAG — Glutamina (Glu)	CGU, CGC, CGA, CGG — Arginina (Arg)	U C A G
A	AUU, AUC, AUA — Isoleucina (Ile) AUG — Metionina (Met) e codão de iniciação	ACU, ACC, ACA, ACG — Treonina (Tre)	AAU, AAC — Asparagina (Asn) AAA, AAG — Lisina (Lis)	AGU, AGC — Serina (Ser) AGA, AGG — Arginina (Arg)	U C A G
G	GUU, GUC, GUA, GUG — Valina (Val)	GCU, GCC, GCA, GCG — Alanina (Ala)	GAU, GAC — Ácido aspártico (Asp) GAA, GAG — Ácido glutâmico (Glu)	GGU, GGC, GGA, GGG — Glicina (Gli)	U C A G

15. Código genético

1.3.2. Características do código genético

O código genético tem as seguintes características:

- Cada aminoácido é codificado por um tripleto designado por **codão**.
- O tripleto **AUG** tem uma dupla função: além de codificar o aminoácido metionina, é o **codão de iniciação** da síntese proteica.
- Os tripletos **UAA**, **UGA** e **UAG** são **codões de finalização**, isto é, quando surgem, significa que a síntese da proteína deve terminar.
- O **código genético é redundante**, isto é, existe mais do que um codão para codificar um aminoácido. Por exemplo, qualquer um dos codões GCU, GCC, GCA ou GCG codifica o mesmo aminoácido – a alanina.
- O **código genético não é ambíguo**, isto é, um determinado codão não codifica dois aminoácidos diferentes.
- O terceiro nucleótido de cada codão não é tão específico como os dois primeiros. Por exemplo, os codões CUU, CUC, CUA e CUG codificam o aminoácido leucina.

Digitalizada com CamScanner

- Regra geral, **o código genético é universal**, isto é, um determinado codão tem o mesmo significado para a maioria dos organismos. Esta característica é um argumento a favor da origem comum dos seres vivos.

Na passagem da linguagem dos genes contida na molécula de DNA para a linguagem das proteínas estão envolvidos dois processos: a **transcrição** e a **tradução**.

1.3.3. Transcrição

A transcrição é o processo de formação do RNA a partir do DNA. A mensagem contida no DNA é, assim, transcrita para o RNA mensageiro.

$$\text{DNA} \xrightarrow{\text{transcrição}} \text{mRNA} \xrightarrow{\text{tradução}} \text{Proteínas}$$

A transcrição é o processo que origina o RNA, produzido por um processo que copia a sequência de nucleótidos do DNA.

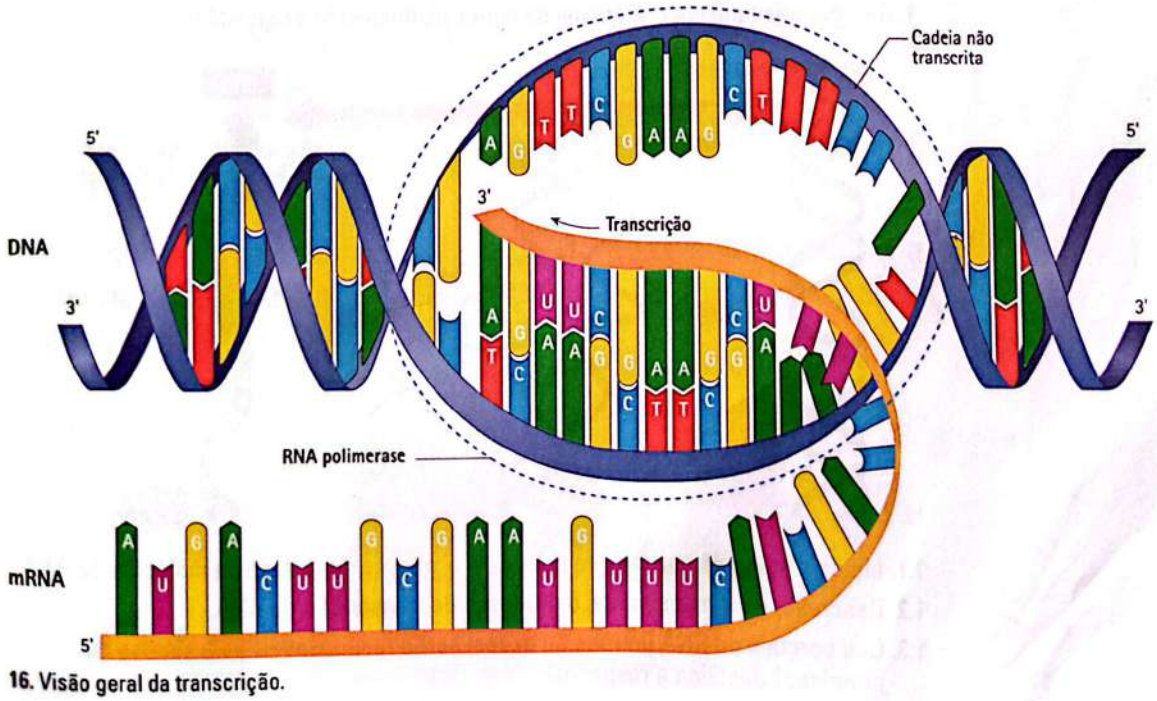
Para que a **transcrição** tenha início, é necessário que um determinado segmento da dupla hélice de DNA se desenrole. Uma das cadeias de DNA exposta serve de molde para a síntese de mRNA, que se faz a partir dos nucleótidos presentes no nucleoplasma. Este processo é mediado pela enzima **RNA polimerase**, que promove a formação de RNA no sentido 5′ ⟶ 3′.

A transcrição termina quando a RNA polimerase encontra uma região de finalização. Nessa altura, a cadeia de RNA sintetizada desprende-se da molécula de DNA, que volta a emparelhar com a sua cadeia complementar, refazendo-se a dupla hélice.

O esquema da figura 16 representa a visão geral da transcrição.

VOCABULÁRIO

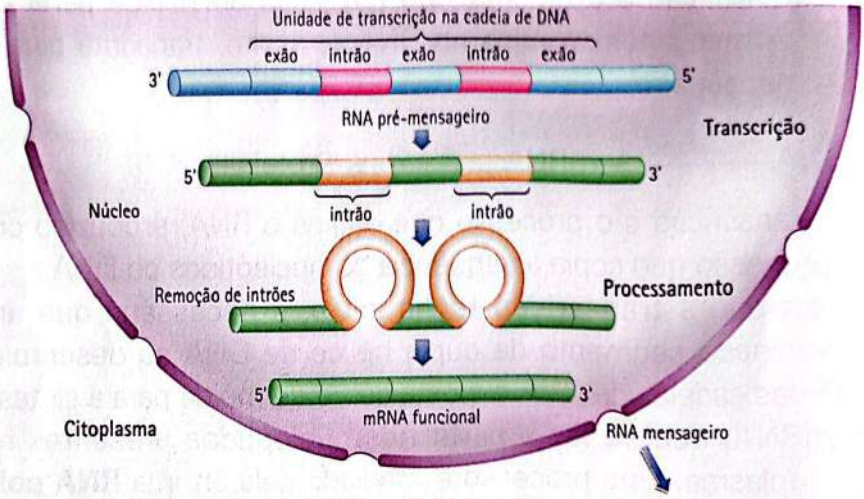
RNA polimerase: enzima que catalisa a síntese de RNA a partir dos seus nucleótidos.



16. Visão geral da transcrição.

Digitalizada com CamScanner

Nas células eucarióticas, cada gene do DNA contém sequências de nucleótidos que não codificam informação para a síntese de proteínas, chamadas **intrões**, intercaladas com sequências que codificam, designadas por **exões**. A transcrição de um segmento de DNA forma um RNA pré-mensageiro. No processamento deste RNA, por acção de enzimas, são-lhe retirados os intrões, seguindo-se a união dos exões. Estas transformações conduzem à formação de RNA mensageiro maturo e funcional, que, posteriormente, migra do núcleo para o citoplasma, fixando-se nos ribossomas (fig. 17).

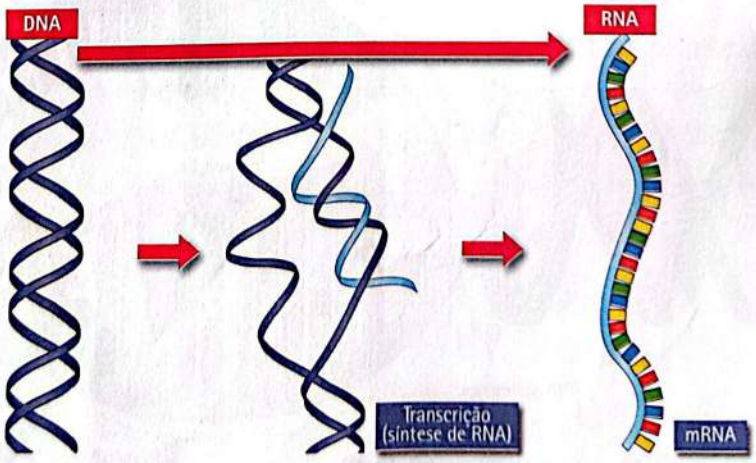


17. Transcrição e processamento de mRNA em células eucarióticas.

Nas células procarióticas não ocorre processamento do RNA. Assim, a molécula de RNA transcrita é a molécula de RNA funcional.

ACTIVIDADE 3

1. Observa atentamente o esquema da figura 18. Responde às questões.



18.

1.1. Indica o nome da enzima que catalisa o processo de síntese na molécula de RNA.

1.2. Descreve, de forma sucinta, o processo de transcrição do RNA.

1.3. Que porções de RNA (intrões ou exões) serão responsáveis pela síntese de proteínas? Justifica a resposta.

Digitalizada com CamScanner

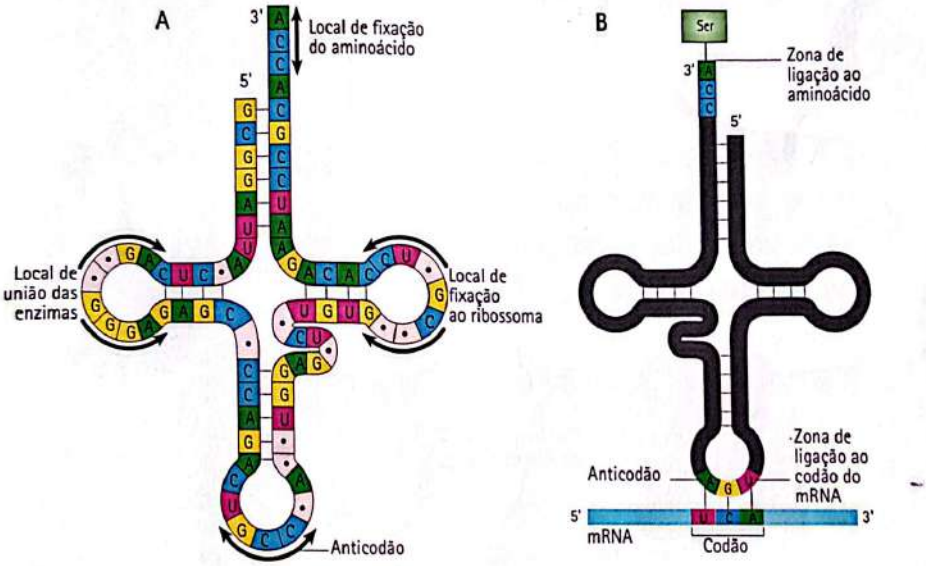
1.3.4. Tradução

Tradução é o processo de conversão de uma sequência nucleotídica de mRNA numa molécula ou sequência polipeptídica (proteína).

Neste processo estão envolvidos diversos componentes celulares, tais como o RNA mensageiro, os ribossomas e o RNA de transferência.

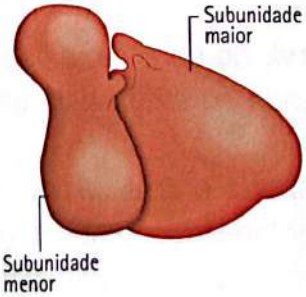
O tRNA apresenta uma cadeia dobrada em forma de "folha de trevo", em resultado de pontes de hidrogénio que se estabelecem entre as bases complementares.

Cada molécula de tRNA apresenta uma região localizada na extremidade 3' da molécula, designada local aminoacil, que lhe permite fixar um aminoácido específico, localizada na extremidade 3' da molécula; uma sequência de três nucleótidos, complementares do codão do mRNA, designada anticodão, que reconhece o codão, ligando-se a ele; locais para a ligação ao ribossoma e locais para a ligação às enzimas intervenientes na formação das proteínas.



19. Representação da molécula de tRNA **(A)** e relação entre um codão específico do mRNA e o anticodão do tRNA correspondente **(B)**.

Os ribossomas são constituídos por duas subunidades de tamanhos diferentes que podem encontrar-se unidas ou separadas (fig. 20).

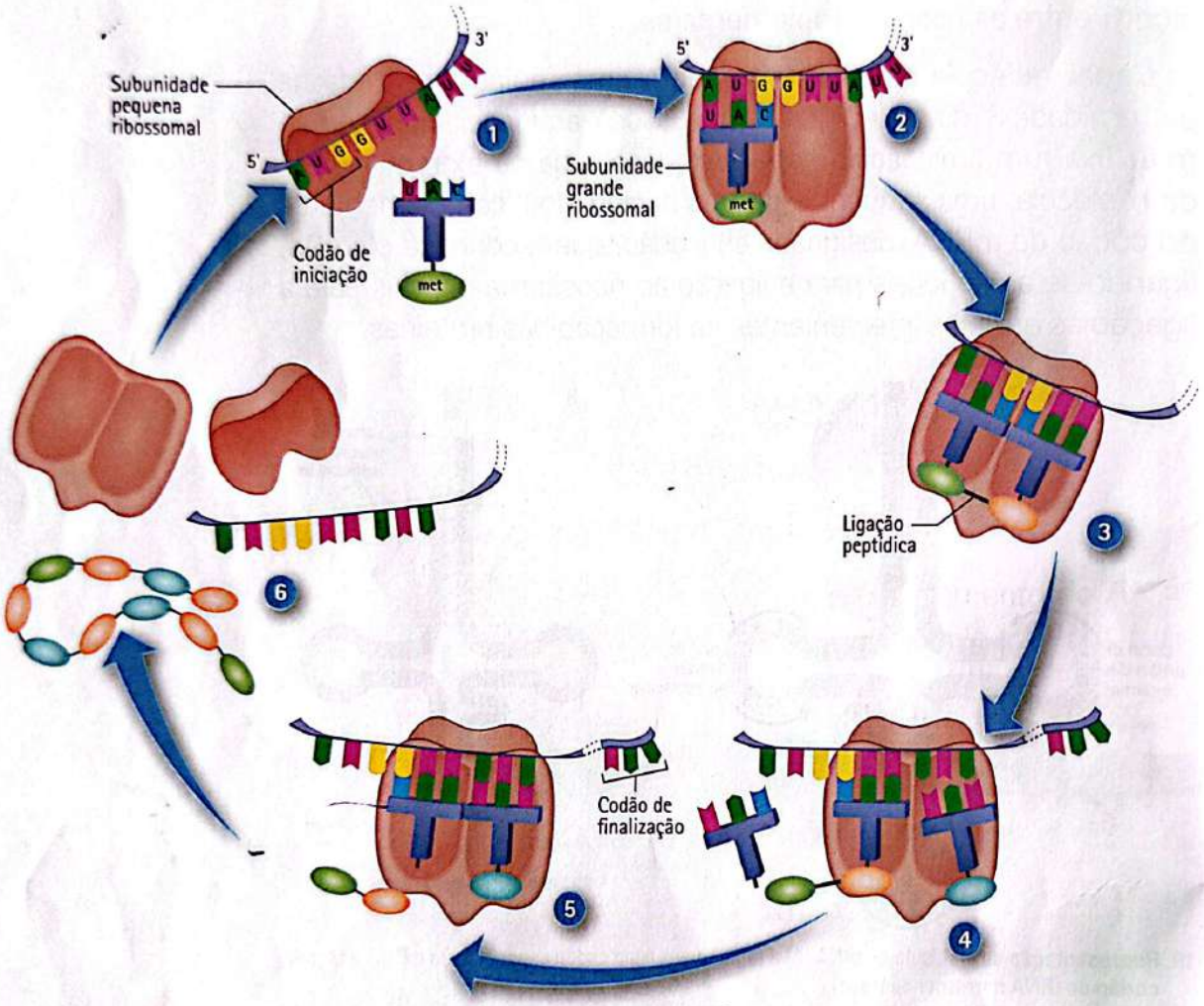


20. Representação de um ribossoma.

Digitalizada com CamScanner

É nos ribossomas que se efectua a tradução da mensagem contida no RNA mensageiro que especifica a sequência de aminoácidos na proteína. O tRNA funciona como "tradutor" dessa mensagem. Ele selecciona e transporta os aminoácidos para os locais de síntese, os ribossomas.

O processo de tradução (fig. 21) envolve três etapas:
- a **iniciação** (1 e 2);
- o **alongamento** (3, 4 e 5);
- a **finalização** (6).



21. Visão geral da tradução da informação genética.

Iniciação

- A subunidade menor do ribossoma liga-se à extremidade 5' do mRNA, deslizando ao longo dela até encontrar o codão de iniciação (AUG).
- O tRNA que transporta o aminoácido metionina (met) liga-se, por complementaridade, ao codão de iniciação.
- A subunidade maior liga-se à subunidade menor, formando um ribossoma completo.

Digitalizada com CamScanner

Alongamento

- Um segundo tRNA transporta um aminoácido específico, ligando-se ao codão seguinte.
- Estabelece-se uma ligação peptítica entre o aminoácido recém-chegado e a metionina.
- O ribossoma avança para as três bases seguintes do mRNA no sentido 5' → 3'.
- O processo repete-se ao longo da molécula de mRNA, continuando a tradução dos codões seguintes.
- Os tRNA, à medida que os aminoácidos são ligados aos codões respectivos, vão-se desprendendo sucessivamente.

Finalização

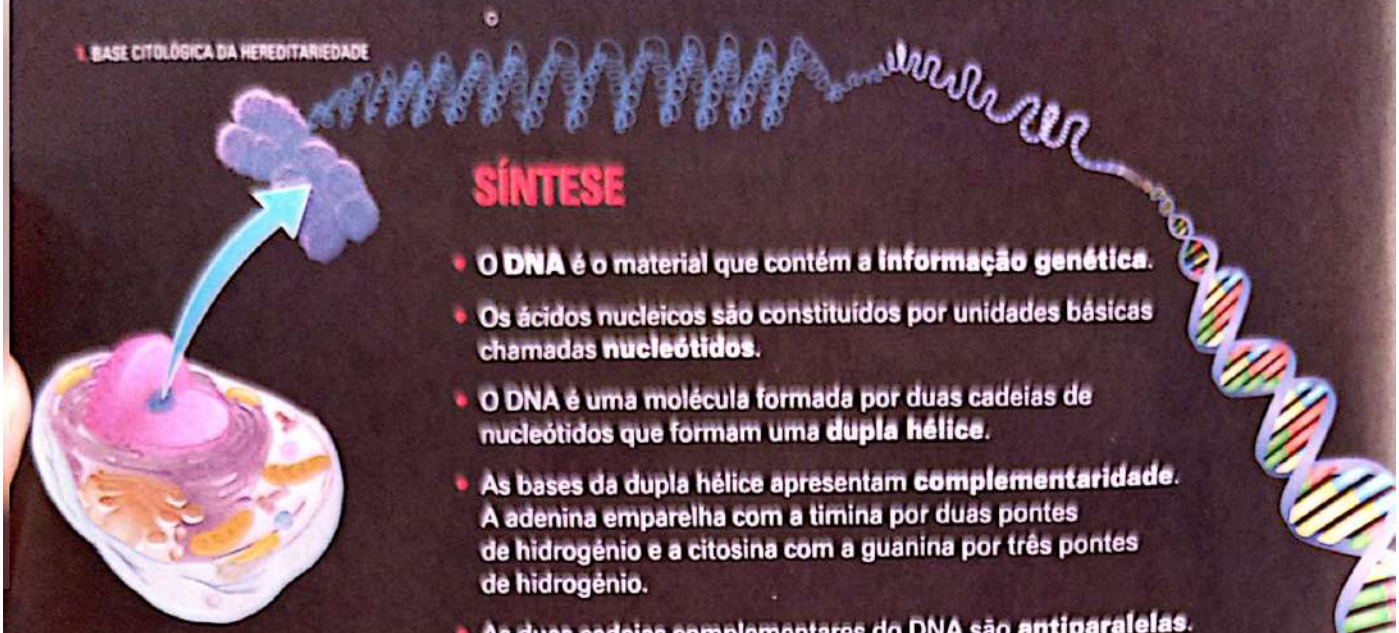
- O ribossoma encontra um codão de finalização (UAA, UAG ou UGA). Como a estes codões não corresponde nenhum tRNA, o alongamento termina.
- O último tRNA abandona o ribossoma.
- As subunidades do ribossoma separam-se, podendo ser recicladas.
- A proteína é libertada.

A síntese de proteínas, embora seja um processo complexo com dispêndio de muita energia, pode ser considerada um processo relativamente rápido e económico pelas seguintes razões:

- várias moléculas de mRNA podem ser sintetizadas a partir de um mesmo gene no DNA;
- a mesma mensagem do mRNA pode ser descodificada ao mesmo tempo por vários ribossomas, originando-se, deste modo, várias cadeias polipeptídicas idênticas, cada uma resultando da tradução efectuada por um ribossoma. Assim, apesar de o mRNA ter curta duração, como a mensagem pode ser traduzida várias vezes, a sua actividade é **amplificada**.

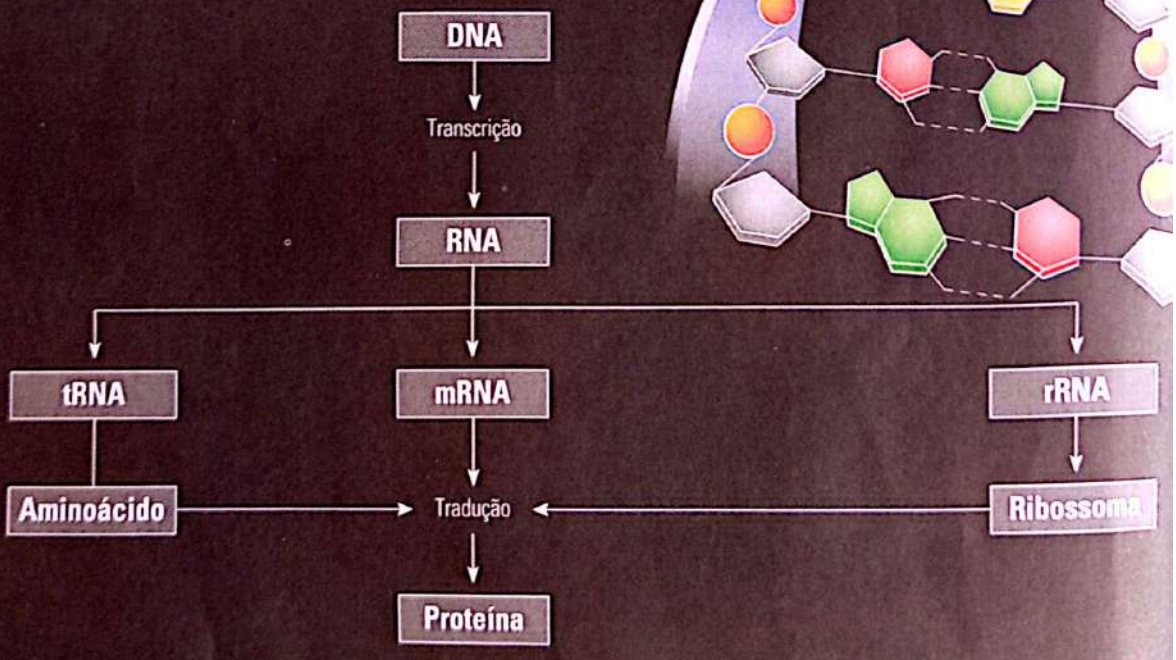
VOCABULÁRIO
Amplificar: ampliar; aumentar.

Digitalizada com CamScanner



SÍNTESE

- O **DNA** é o material que contém a **informação genética**.
- Os ácidos nucleicos são constituídos por unidades básicas chamadas **nucleótidos**.
- O DNA é uma molécula formada por duas cadeias de nucleótidos que formam uma **dupla hélice**.
- As bases da dupla hélice apresentam **complementaridade**. A adenina emparelha com a timina por duas pontes de hidrogénio e a citosina com a guanina por três pontes de hidrogénio.
- As duas cadeias complementares do DNA são **antiparalelas**.
- A **replicação** do DNA faz-se por um processo **semiconservativo**, o que assegura a relativa constância da estrutura da molécula e a transmissão da mensagem genética quando as células se dividem.
- A informação genética exprime-se através da **síntese proteica**.
- O fluxo de informação genética na célula é: DNA → RNA → proteína.
- Na síntese proteica estão envolvidos fenómenos de transcrição e de tradução.
- Durante a **transcrição**, a informação genética contida na molécula de DNA é copiada para uma molécula de mRNA.
- Durante a **tradução**, a informação transcrita para a molécula de mRNA desloca-se para o citoplasma da célula, onde vai coordenar a formação de proteínas.
- O processo de tradução envolve três etapas: a **iniciação**, o **alongamento** e a **finalização**.



22. Esquema-resumo da relação entre os diferentes ácidos nucleicos intervenientes na síntese proteica.

Digitalizada com CamScanner

AUTO-AVALIAÇÃO

1. Assinala a opção correcta para cada uma das frases seguintes.

1.1. A molécula de DNA é constituída por:

A. uma cadeia de polipeptídeos unidos por pontes de hidrogénio. ☐

B. duas cadeias de polipeptídeos formando uma dupla hélice. ☐

C. uma cadeia de nucleótidos que tem a capacidade de se replicar. ☐

D. duas cadeias de nucleótidos unidas por pontes de hidrogénio. ☐

1.2. No DNA de uma determinada célula existem 20% de citosina e 30% de outra base. Nessa célula, a percentagem de guanina, de timina e de adenina deve ser, respectivamente:

A. 30, 30, 30. ☐ C. 20, 20, 30. ☐

B. 30, 30, 20. ☐ D. 20, 30, 30. ☐

2. Assinala a opção correcta para cada uma das frases.

2.1. Se um segmento de DNA for representado por 5'CATTAC3', a cadeia complementar será _____.

A. 5'GTAATG3' ☐ C. 3'GTAATG5' ☐

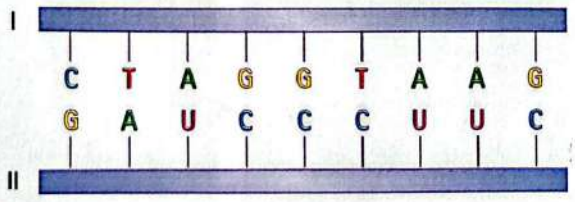
B. 5'CAUUAC3' ☐ D. 3'CATTAC5' ☐

2.2. O código genético é _____ porque vários _____ podem codificar o mesmo aminoácido.

A. ambíguo; tRNA ☐ C. universal; anticodões ☐

B. complexo; mRNA ☐ D. redundante; codões ☐

3. A figura 23 representa duas cadeias de ácidos nucleicos.



23.

Podemos concluir que:

A. I e II correspondem a duas moléculas de RNA. ☐

B. I e II correspondem a duas cadeias de uma molécula de RNA. ☐

C. I corresponde a uma cadeia de DNA e II a uma cadeia de RNA. ☐

D. I corresponde a uma cadeia de RNA e II a uma cadeia de DNA. ☐

Assinala a opção correcta.

Digitalizada com CamScanner

1.4. Os cromossomas

DESCOBRE

- Onde se localiza a informação genética na célula?
- Qual é a estrutura dos cromossomas?
- Qual é a natureza química dos genes?

Os **cromossomas** são os elementos que contêm a informação genética, um conjunto de "instruções" escritas em código, transmitidas de geração em geração.

Os cromossomas são constituídos por numerosos segmentos, os **genes**, cada um deles formado por uma sequência própria de nucleótidos. O conjunto dos genes que contêm toda a informação genética de um indivíduo chama-se **genoma**.

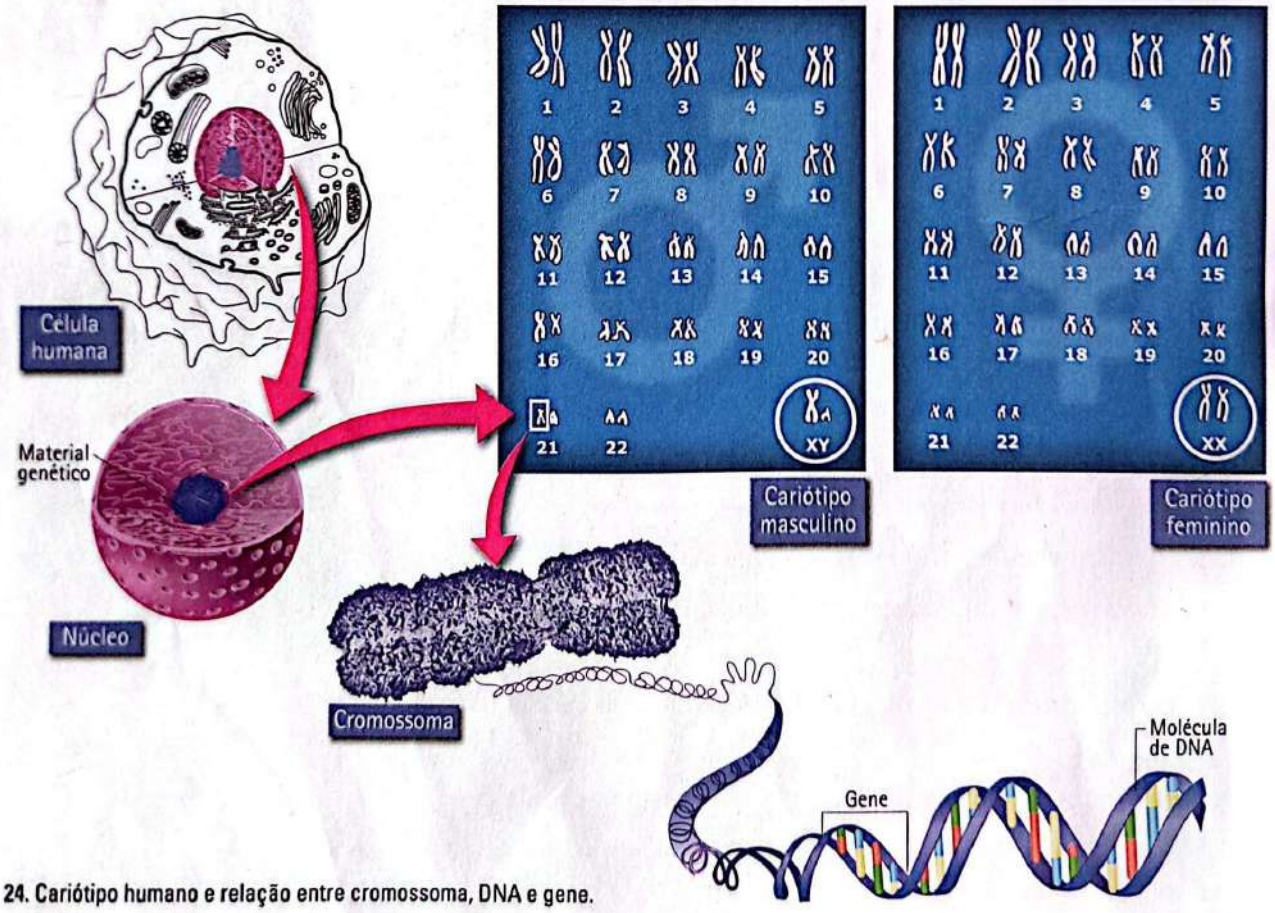
Os genes determinam todas as características de um ser vivo, como, por exemplo, o formato das orelhas, a cor da pele e dos olhos no Homem, a cor e o comprimento do pêlo nos animais, a cor das flores, dos frutos e das sementes nas plantas.

Cada espécie tem um número de cromossomas constante.

O **cariótipo** do Homem é formado por 46 cromossomas, dos quais 23 são herdados do pai e 23 são herdados da mãe. Cada indivíduo tem, assim, 23 pares de cromossomas.

VOCABULÁRIO

Cariótipo: conjunto dos cromossomas ou constituição cromossómica de um indivíduo.



24. Cariótipo humano e relação entre cromossoma, DNA e gene.

Digitalizada com CamScanner

Os cromossomas de cada par chamam-se **cromossomas homólogos**, por transportarem os genes que determinam as mesmas características.

As **células somáticas** de cada indivíduo possuem 23 pares de cromossomas homólogos. São células **diplóides** (2n). Os gâmetas, células reprodutoras dos organismos que se reproduzem sexuadamente, são **haplóides** (n), porque possuem apenas um cromossoma de cada par.

VOCABULÁRIO

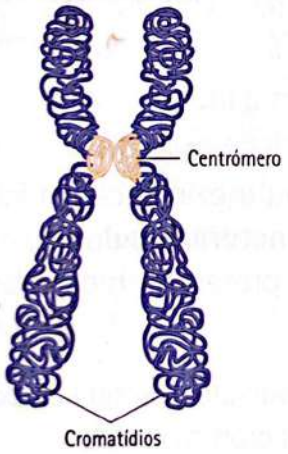
Células somáticas: todas as células do organismo, com excepção das que desempenham funções reprodutivas (gâmetas).

Tabela III – Número de cromossomas de alguns seres vivos.

NOME VULGAR	NOME CIENTÍFICO	N.º DE CROMOSSOMAS (2n)
Homem	*Homo sapiens sapiens*	46
Camarão	*Penaeus semisulcatus*	90
Gorila	*Gorilla gorilla*	48
Cebola	*Allium cepa*	16
Batata	*Solanum tuberosum*	48
Arroz	*Oryza sativa*	24
Cão	*Canis familiaris*	78

1.4.1. Estrutura e composição química dos cromossomas

Os cromossomas podem observar-se individualmente durante a mitose (divisão celular), quando se encontram condensados, isto é, quando as moléculas do DNA, compridas e finas, já se replicaram, tornando-se mais curtas e grossas. Um cromossoma é então constituído por dois **cromatídios**, ligados um ao outro por um **centrómero**, que se localiza, em cada cromossoma, num local determinado.

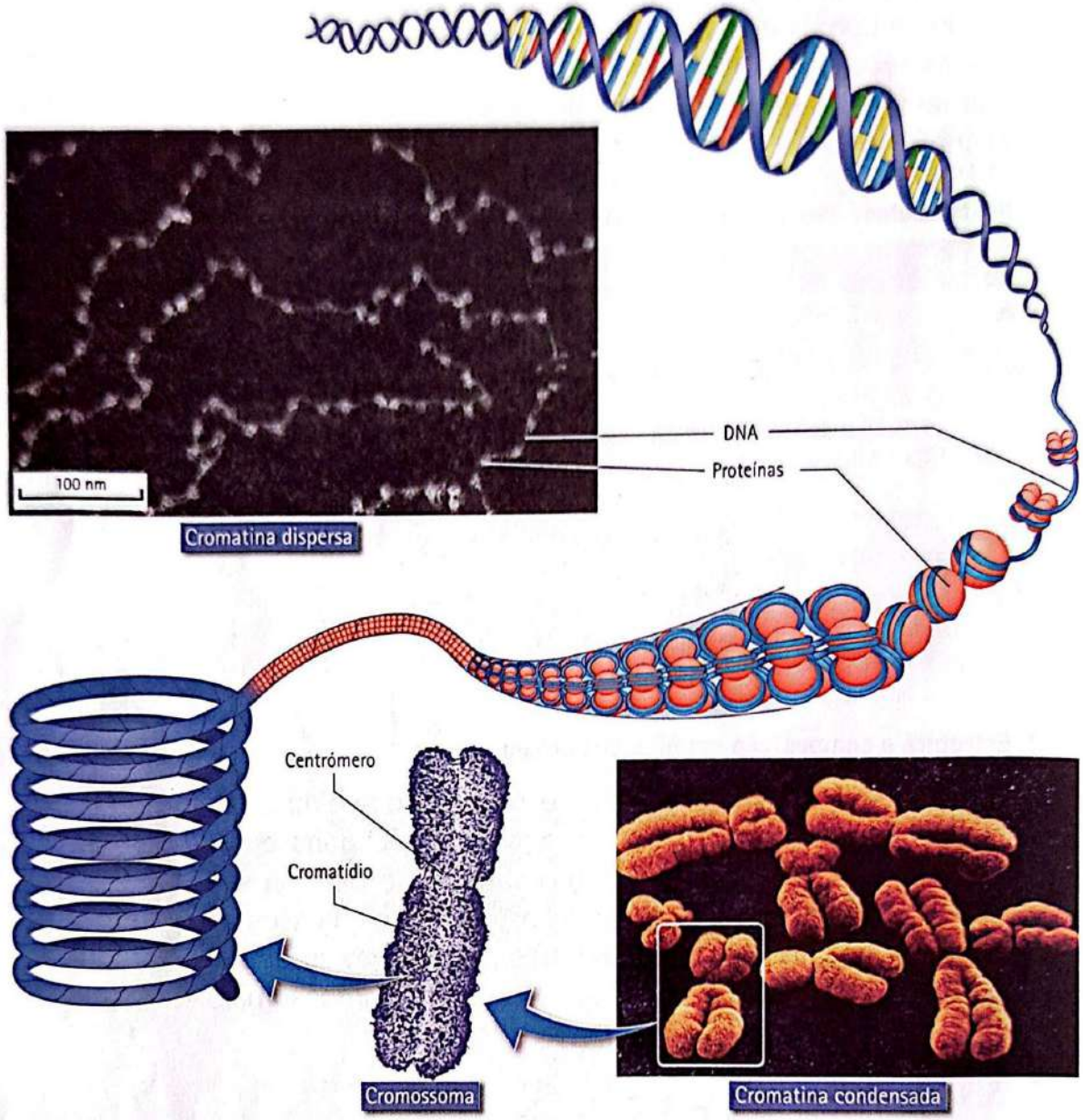


25. Constituição de um cromossoma.

Os cromossomas podem ter tamanho e forma variáveis, mas são todos constituídos por moléculas de DNA enroladas à volta

Digitalizada com CamScanner

de grupos de proteínas especiais, as histonas, formando pequenas estruturas denominadas **nucleossomas**.



26. Constituição de um cromossoma.

Quando se descobriu a existência da informação genética, não se conhecia a sua **natureza química**, mas pensava-se que ela estava contida em proteínas, moléculas estáveis e muito importantes na célula.

Por volta de 1883, Roux afirmou que os portadores dos factores hereditários eram os cromossomas.

No entanto, só em 1944 se comprovou que era realmente o DNA que continha essa informação, depois de uma série de experiências, iniciadas em 1928 por Griffith.

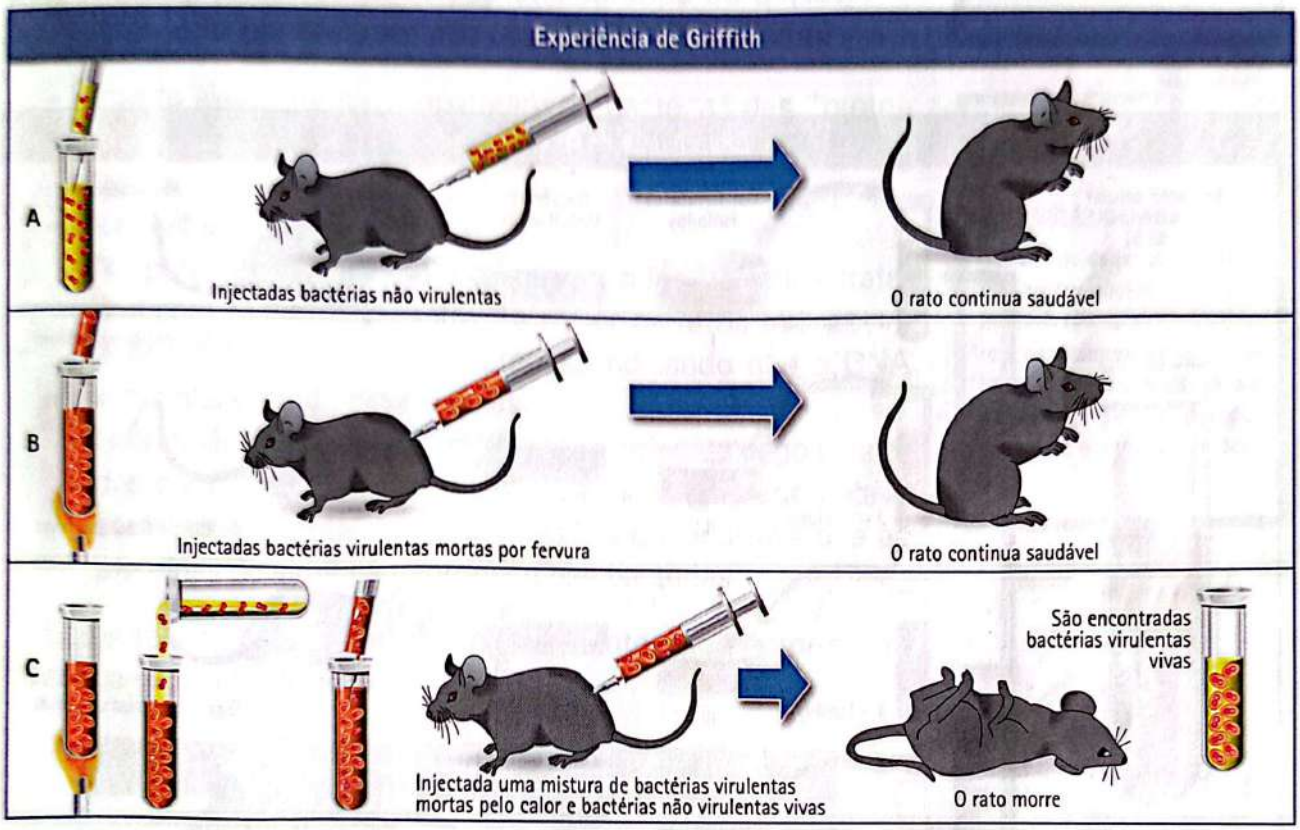
VOCABULÁRIO

Factor hereditário: característica que se transmite de pais para filhos ou de ascendentes para descendentes.

Digitalizada com CamScanner

Griffith realizou uma experiência com duas **linhagens** de bactérias do género *Streptococcus*. Uma das linhagens (S) era **virulenta**, causando a morte em ratinhos, e a outra (R) não era virulenta, não causando a morte (fig. 27).

As duas bactérias acabaram por produzir **colónias** com aspecto diferente, que se podiam distinguir uma da outra.



27. Experiência realizada por Griffith.

Griffith procedeu da seguinte forma:

1. Injectou ratinhos com bactérias de estirpe não virulenta – os animais continuaram vivos (fig. 27A).
2. Injectou também alguns ratinhos com bactérias virulentas mortas por fervura – os animais continuaram vivos (fig. 27B).
3. Injectou a seguir alguns ratinhos com uma mistura de bactérias virulentas mortas pelo calor e bactérias não virulentas vivas – os animais morreram, embora esse resultado não fosse o esperado (fig. 27C).

Em alguns ratinhos mortos encontraram-se bactérias virulentas vivas.

Estes resultados provavam que os restos das bactérias virulentas mortas (S) tinham transformado as bactérias não virulentas vivas (R) em bactérias virulentas (S) vivas.

VOCABULÁRIO

Colónia: um grupo de células geneticamente idênticas, originadas por divisão assexuada de um ancestral comum.

Linhagem: raça; subgrupo de uma mesma espécie com alguma característica que o distingue de outro subgrupo.

Estirpe: o mesmo que linhagem.

Virulenta: patogénica; que produz doença.

Digitalizada com CamScanner

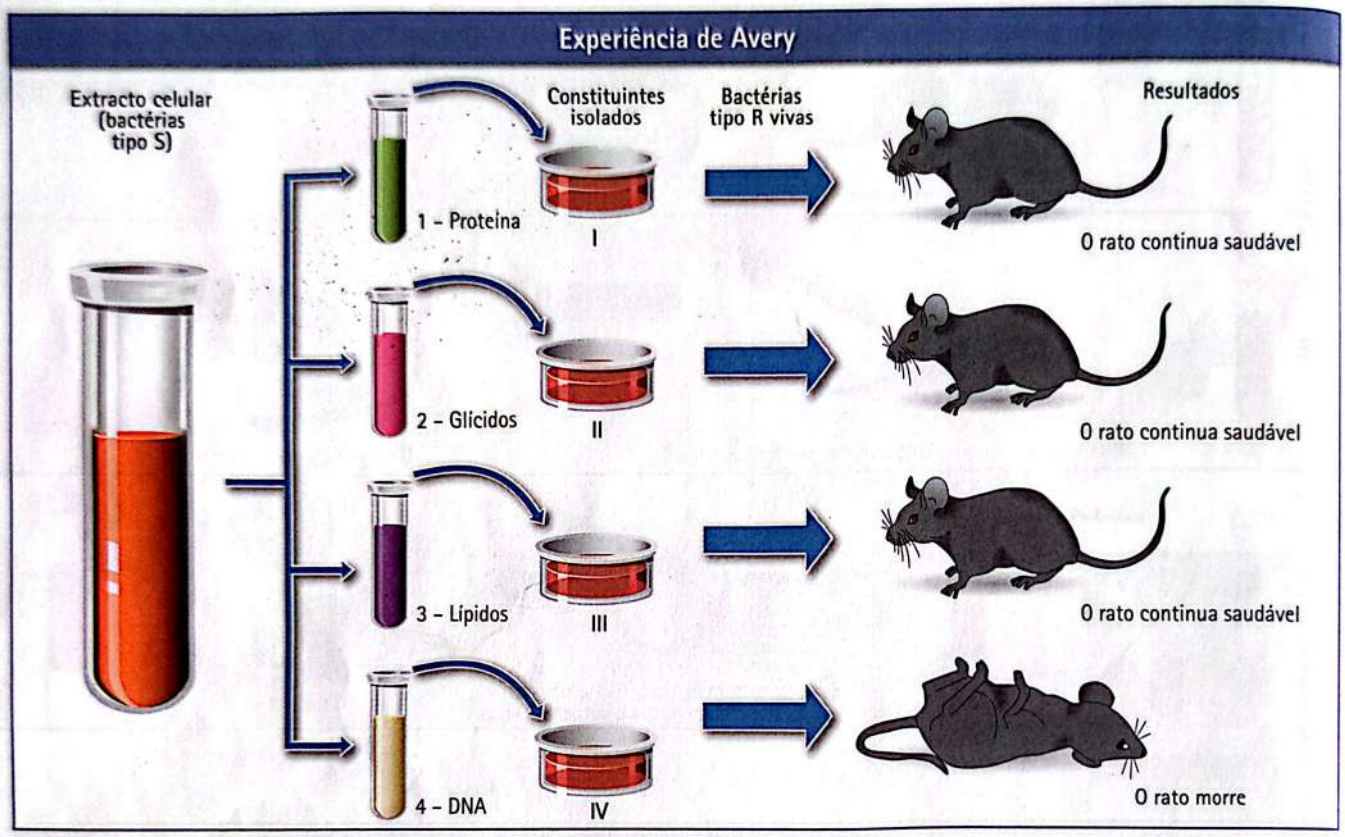
VOCABULÁRIO

Indução: activar; provocar.

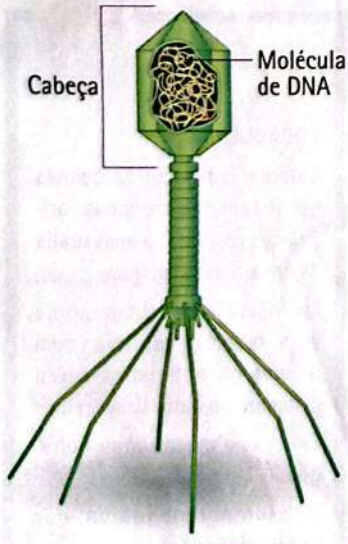
Este processo foi chamado transformação e o agente responsável ficou conhecido como "princípio transformante", pois não se sabia qual era a sua natureza.

Em 1944, os investigadores O. Avery, MacLeod e McCarty separaram as moléculas encontradas nos restos das bactérias S mortas e testaram-nas, uma de cada vez, para descobrirem qual delas tinha a capacidade de transformação.

Avery e os seus colaboradores observaram que apenas o DNA **induzia** a transformação das bactérias (fig. 28).



28. Experiência realizada por Avery.



29. Representação do fago T2.

Os resultados obtidos por Avery e colaboradores foram definitivos, mas, ainda assim, nem todos os cientistas aceitaram que o material genético era o DNA e não a proteína.

Em 1952, Alfred Hershey e Martha Chase, trabalhando com o fago T2, um vírus parasita da bactéria *Escherichia coli*, obtiveram resultados que provaram definitivamente que o DNA era o material genético.

Eles compreenderam que a infecção da bactéria pelo fago deveria ser causada pela introdução na célula da informação que conduzia à reprodução do vírus.

O fago tem uma constituição molecular muito simples: a maior parte da sua estrutura é proteína, tendo uma "cabeça" onde está contido o DNA (fig. 29).

Digitalizada com CamScanner

Assim, fizeram a seguinte experiência:

- Prepararam duas culturas separadas de fagos e incorporaram, numa delas, fósforo radioactivo e, na outra, enxofre radioactivo.
- Usaram cada uma destas culturas para infectar separadamente bactérias *E. coli*.

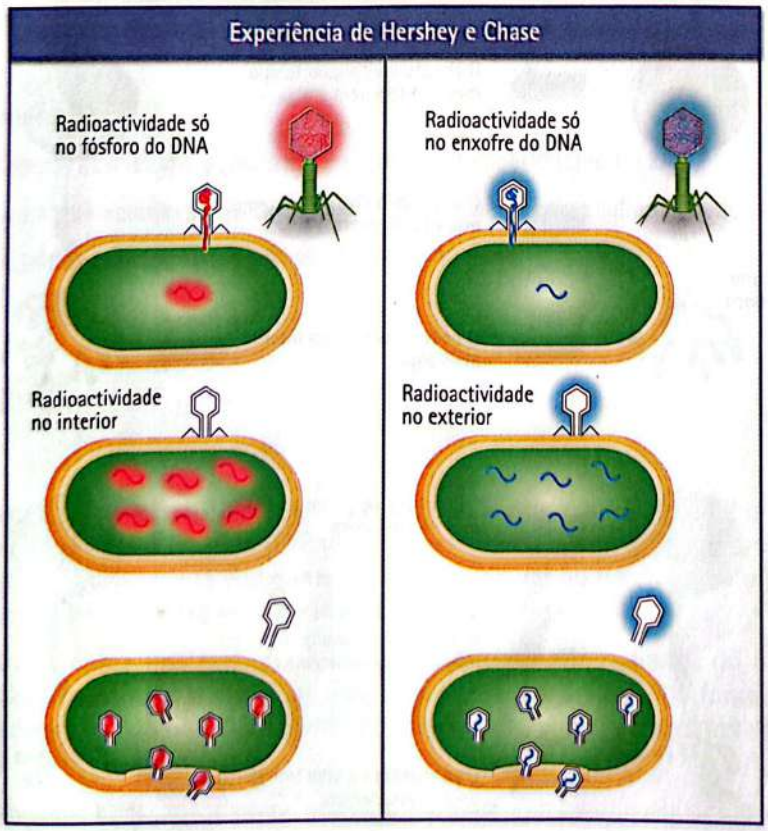
Os fagos infectam as bactérias injectando no seu interior o DNA, mas a parte proteica fica de fora, vazia, chamando-se "proteína-fantasma".

- Passado algum tempo, separaram as bactérias das "proteínas-fantasmas" e analisaram a **radioactividade** nas duas porções.
- Os resultados mostraram que:
  - Na porção onde tinham sido introduzidos os fagos tratados com fósforo radioactivo, a maior parte da radioactividade estava dentro das bactérias, indicando que o DNA viral tinha entrado dentro delas.
  - Na porção onde tinham sido introduzidos os fagos tratados com enxofre, a maior parte da radioactividade estava contida nas "proteínas-fantasmas", o que indicava que as proteínas do vírus não entravam nas bactérias.

Estes resultados provaram definitivamente que a informação genética está contida no DNA.

VOCABULÁRIO

Radioactividade: propriedade que certos núcleos atómicos instáveis têm de se desintegrarem espontaneamente transformando-se em núcleos mais estáveis, geralmente acompanhados de emissão de partículas.



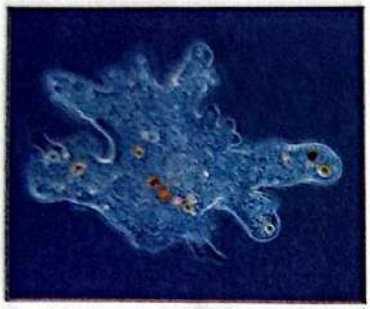
30. Experiência realizada por Hershey e Chase.

Digitalizada com CamScanner

ACTIVIDADE 4 – Localização da informação genética na célula

Introdução:

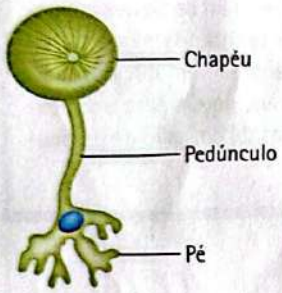
Para tentar comprovar a importância do núcleo como o local que guarda a informação genética, fizeram-se várias experiências. Lê com atenção a descrição de duas dessas experiências e interpreta, com o apoio do teu professor, os resultados obtidos.



31.

1.ª experiência

- Uma amiba de água doce é cortada em duas partes, ficando o núcleo contido numa delas.
- A parte nucleada geralmente sobrevive, mas a parte que fica sem núcleo morre sempre.
- Se um núcleo retirado de outra amiba for implantado no citoplasma sem núcleo, este volta a ser activo e a célula reproduz-se.



32.

2.ª experiência

Nesta experiência foi usada uma alga-verde unicelular, a *Acetabularia*, que pode atingir 5 cm de altura. Esta alga é parecida com um girassol, pois é constituída por um "pé" que a fixa ao substrato e um pedúnculo que tem na sua extremidade um "chapéu". O núcleo está contido no pé (fig. 32).

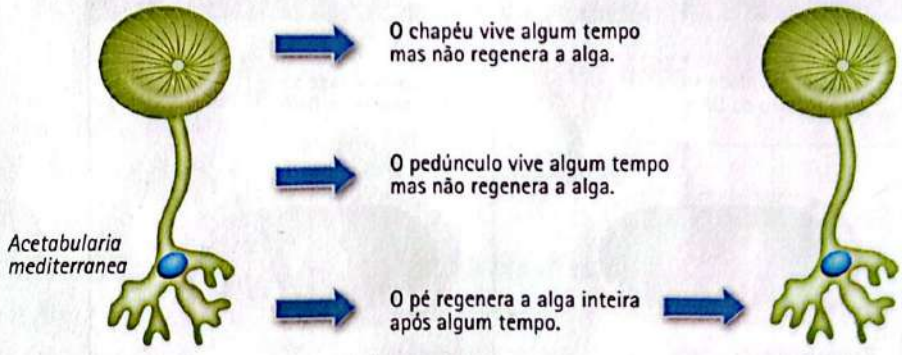
Existem duas espécies de *Acetabularia* – *A. mediterranea* e *A. crenulata* – que se diferenciam pelo "chapéu", que na primeira é liso e na segunda é recortado, parecendo uma flor.

VOCABULÁRIO

Ensaio: teste, prova, tentativa

Fizeram-se três **ensaios**: A, B e C.

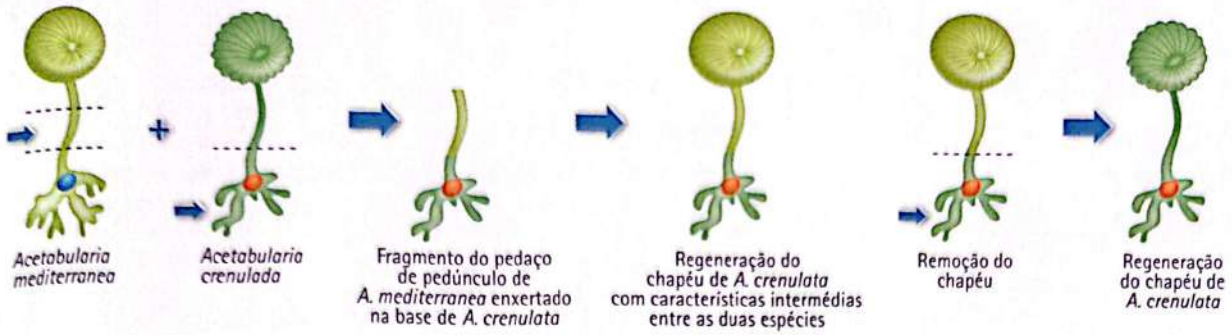
A – Corte e retirada do pedúnculo e do chapéu nas duas espécies



33.

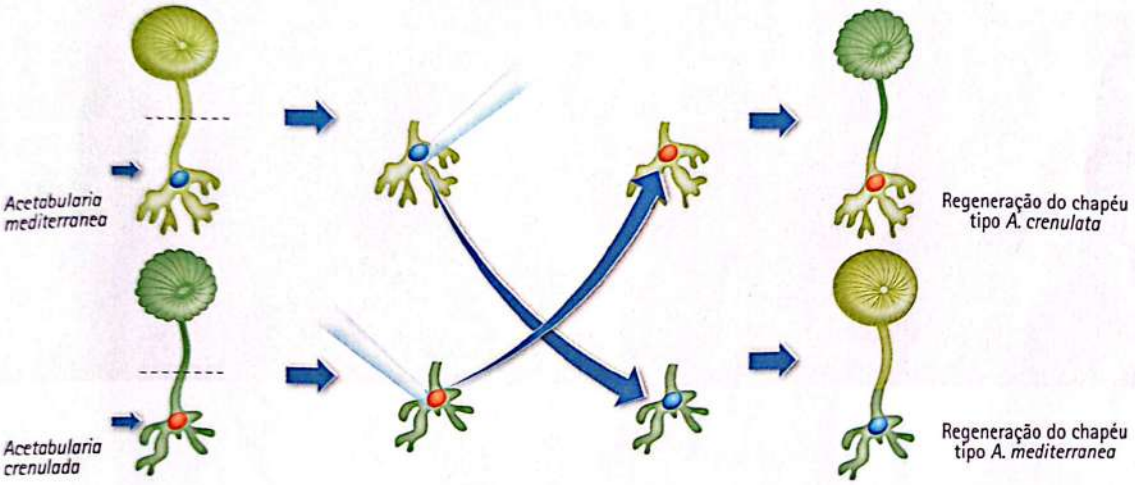
Digitalizada com CamScanner

B – Enxerto de um pedaço do pedúnculo de *A. mediterranea* no pé de *A. crenulata*



34.

C – Transplante cruzado dos núcleos das duas algas



35.

Discussão:

– O que podes concluir a partir dos resultados das experiências 1 e 2A?

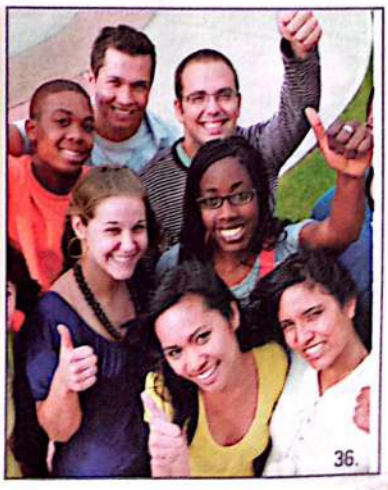
– Explica o que aconteceu na experiência 2B, com base nos resultados obtidos.

– O que podes concluir sobre a importância do núcleo?

SABER +

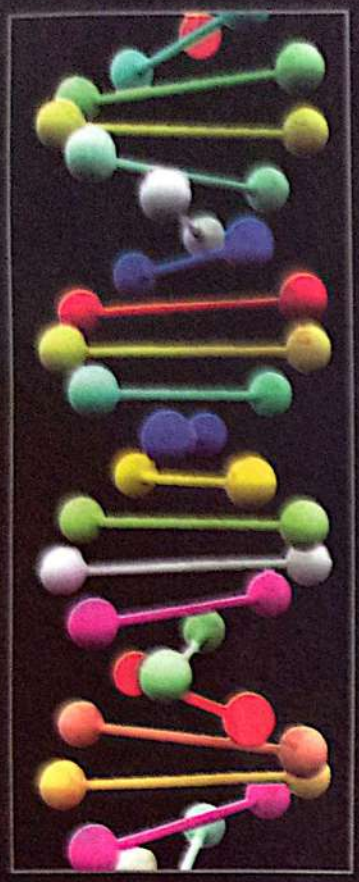
QUERES SABER MAIS?

- **Actualmente, há já diversas espécies, como por exemplo o milho (*Zea mays*) e a mosca da fruta (*Drosoplila melanogaster*), das quais se conhece a sequência completa dos genes. O genoma do ser humano também já foi sequenciado, após 10 anos de investigação.**
- **Sabe-se agora que temos mais de 30 000 genes e que 99,9% do nosso genoma é comum a todos os seres humanos. Somente 0,1% fornece as informações que nos distinguem uns dos outros, como por exemplo a cor dos olhos e a altura.**
- **A sequenciação do genoma humano permite a investigação de doenças genéticas com a finalidade de obter a sua cura.**



36.

Digitalizada com CamScanner



37.

SÍNTESE

- Os **cromossomas** contêm a informação genética que é transmitida pelos pais aos seus descendentes. São constituídos por sequências de nucleótidos, os **genes**, que determinam todas as características de um ser vivo.
- O número de cromossomas varia de espécie para espécie, mas é constante em cada espécie. O conjunto dos cromossomas constitui o **genótipo**.
- O ser humano tem 23 pares de cromossomas. Cada par é formado por 2 cromossomas homólogos.
- As **células somáticas** são **diplóides** porque têm 46 cromossomas (2n). Os **gâmetas** são **haplóides** porque têm 23 cromossomas (n).
- Após a replicação do DNA, cada cromossoma é constituído por 2 cromatídios ligados por um centrómero.
- Os cromossomas são constituídos por moléculas de DNA enroladas à volta de grupos de histonas.
- A natureza química dos genes só foi descoberta depois de várias experiências realizadas por investigadores como Griffith, Avery e colaboradores e Hershey e Chase.

AUTO-AVALIAÇÃO

1. **Numa experiência laboratorial retirou-se o núcleo de uma célula de gato que foi inserido num oócito de um rato.**

   1.1. Se o oócito se desenvolver até à formação de um indivíduo, este será um gato ou um rato? Justifica a tua resposta.

2. **Quantos pares de cromossomas homólogos existem na fase haplóide de células cujo número de cromossomas é 2n = 18?**

3. **Numa determinada espécie animal, o número diplóide de cromossomas é 14. Nos gâmetas, nas células da pele e no zigoto devem ser encontrados, respectivamente:**

   A. 14, 14 e 28 cromossomas. ☐
   B. 14, 14 e 14 cromossomas. ☐
   C. 7, 7 e 14 cromossomas. ☐
   D. 28, 28 e 14 cromossomas. ☐
   E. 7, 14 e 14 cromossomas. ☐

   Assinala a opção correcta.

Digitalizada com CamScanner

2. Ciclo celular

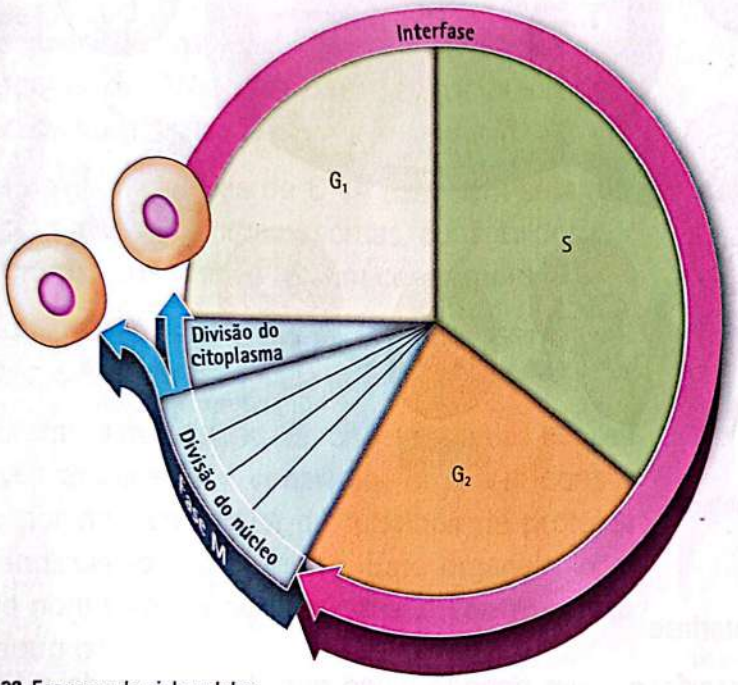
Segundo a teoria celular, todas as células se originam de outras preexistentes, através da divisão celular.

Deste processo surgem duas células-filhas, que contêm informação genética idêntica à da célula-mãe. Estas células vão crescer e dividir-se, tornando-se, por sua vez, cada uma delas, célula-mãe de uma nova geração.

O **ciclo celular** é o processo que decorre, de forma cíclica e contínua, desde o surgimento de uma célula até à sua própria divisão (fig. 38).

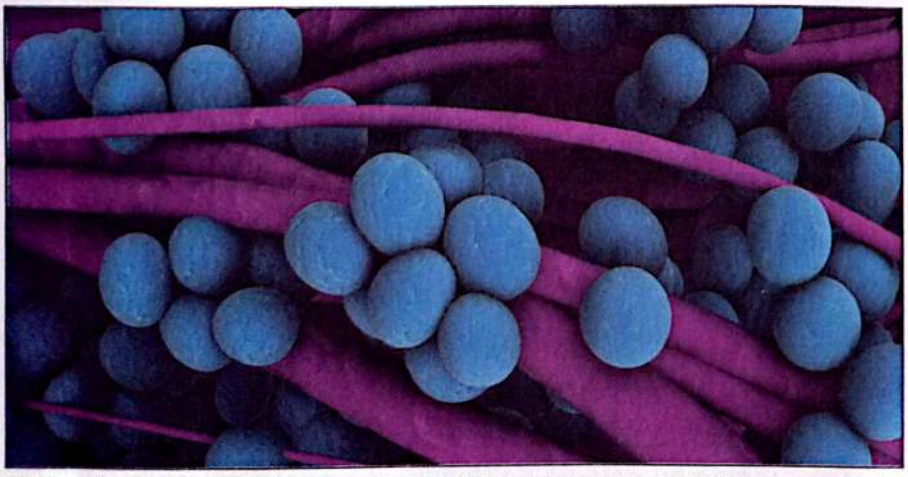
DESCOBRE

- Como se define ciclo celular?
- Quais são as fases do ciclo celular?
- O que sucede em cada uma das fases do ciclo celular?



38. Esquema do ciclo celular.

O tempo de duração do ciclo celular varia conforme os tipos de célula ou o seu estado fisiológico. Pode completar-se em 20 minutos, nas bactérias (fig. 39), num dia, nas células do duodeno, ou em mais de uma semana, nas células do esófago.

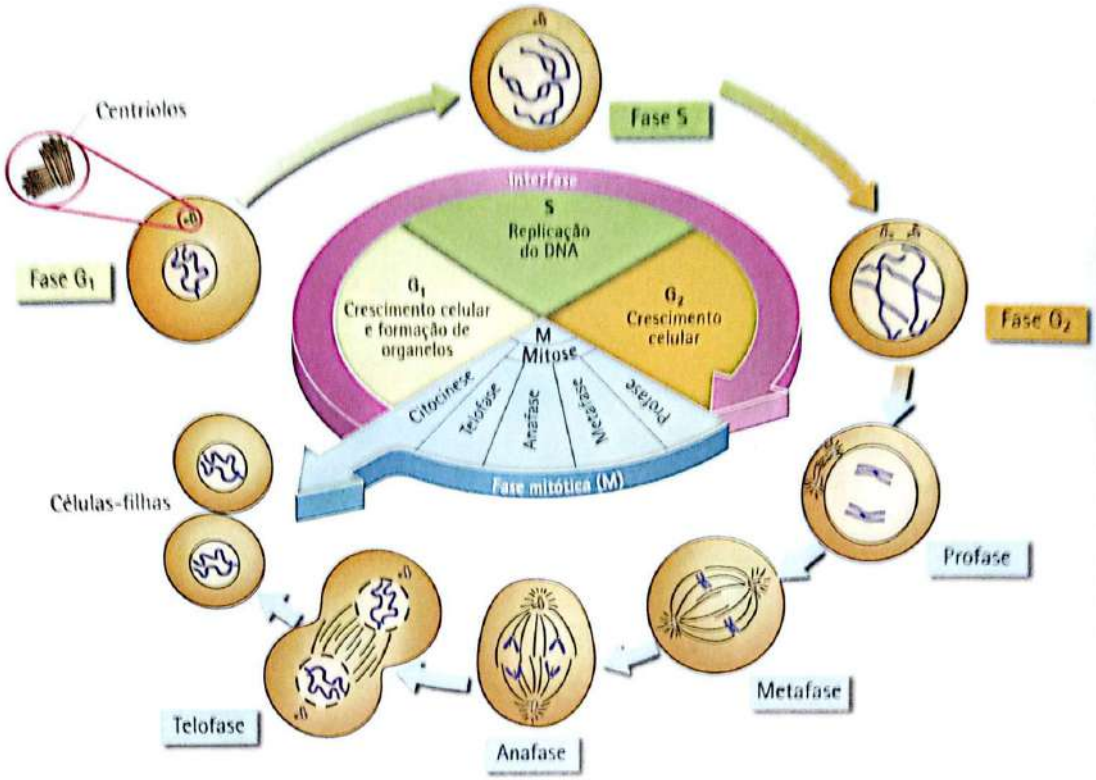


39. Bactérias do género *Staphylococcus* (microscópio electrónico, cores artificiais).

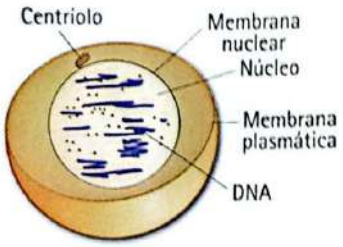
Digitalizada com CamScanner

2.1. Fases e subfases do ciclo celular

O **ciclo celular** é composto por duas fases:
- **interfase**;
- **fase mitótica ou divisão celular** (fig. 40).



40. Interfase e fase mitótica.



41. Célula em interfase.

2.1.1. Interfase

A **interfase** é um período longo que decorre desde o fim de uma divisão celular até ao início da divisão seguinte. Durante a interfase, os cromossomas estão muito distendidos, formando os fios de cromatina que não são visíveis ao microscópio (fig. 41).

Durante esta fase, a célula cresce e ocorre a **duplicação** da informação genética que será transmitida às células-filhas. Desta forma, cada uma receberá uma informação semelhante à contida na célula-mãe.

A interfase é constituída por três períodos ou intervalos sucessivos:
- intervalo G_1;
- intervalo S;
- intervalo G_2.

A letra "G" deriva da palavra *gap*, que em inglês quer dizer "intervalo", e a letra "S" deriva da palavra síntese.

Os intervalos G_1, S e G_2 têm duração variável, dependendo da espécie, tecido ou estádio de desenvolvimento da célula.

Digitalizada com CamScanner

Período ou intervalo G_1 – decorre desde a formação da célula até ao período S. Este intervalo é caracterizado por uma intensa actividade de síntese de proteínas, de enzimas e de RNA, acompanhada pela formação de vários organelos celulares.

A célula cresce em tamanho e o número de constituintes aumenta, para, mais tarde, serem divididos em partes iguais pelas células-filhas.

Algumas células não se dividem, como as células nervosas. Estas permanecem no período G_1, o qual passa a chamar-se G_0.

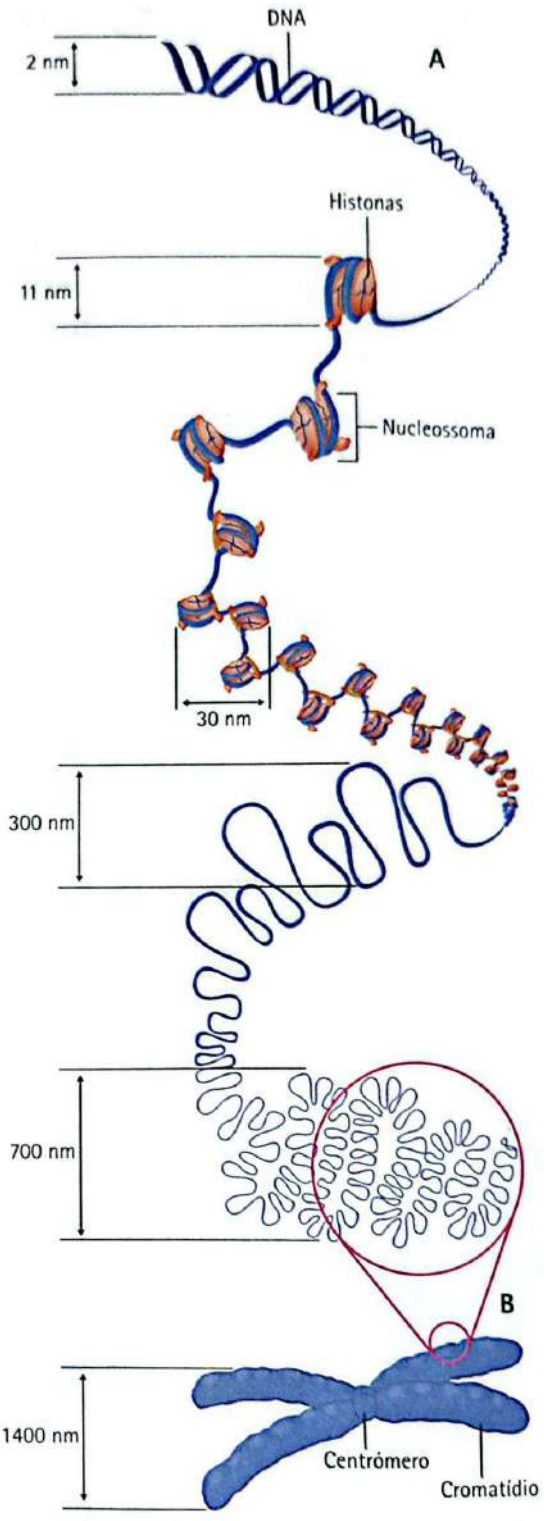
Período ou intervalo S – neste período as moléculas de DNA duplicam-se por um mecanismo de auto-replicação semiconservativo (A).

As novas moléculas de DNA associam-se a histonas, formando os cromossomas, constituídos por dois cromatídios ligados por um centrómero (B).

A quantidade de DNA na célula passa, assim, a ser o dobro, sendo representada por 4n (ver pág. 49).

Durante este período, no citoplasma das células animais duplica-se o **centríolo**, organelo constituído por dois conjuntos de tubinhos de proteína perpendiculares um ao outro. Este organelo localiza-se num local da célula chamado **centrossoma** ou centro celular.

Período ou intervalo G_2 – decorre entre o final da síntese de DNA no intervalo S e o início da divisão celular. Neste período, verifica-se a síntese de mais proteínas que vão ser necessárias à divisão celular.



42. Período ou intervalo S.

2.1.2. Fase mitótica ou divisão celular

A fase mitótica é um período de pouca actividade metabólica, durante o qual o DNA é repartido igualmente por duas células-filhas.

Esta fase compreende duas etapas:
– mitose – divisão do núcleo, também chamada cariocinese;
– citocinese – divisão do citoplasma.

Mitose é o processo que leva à formação de dois novos núcleos numa célula, por divisão do núcleo preexistente.

DESCOBRE

- **O que é mitose?**
- **Qual é a importância biológica da mitose?**

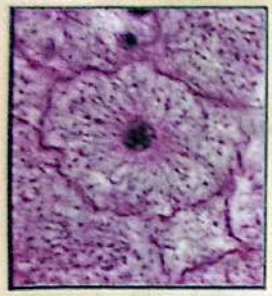
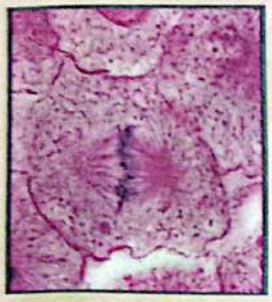
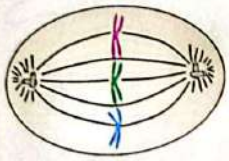
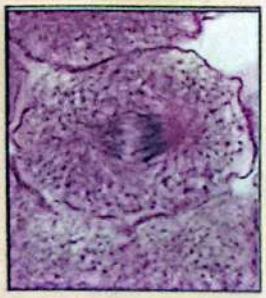
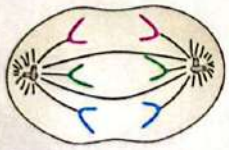
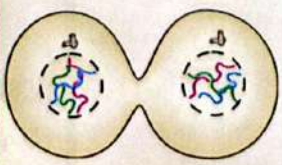
Digitalizada com CamScanner

Fases da mitose

A mitose é um processo contínuo que se realiza de forma semelhante na maior parte das células eucarióticas. Divide-se em quatro fases:

- **profase**;
- **metafase**;
- **anafase**;
- **telofase**.

Tabela IV – Mitose em célula animal.

FASES DA MITOSE	PRINCIPAIS ACONTECIMENTOS
Profase 	Os fios de cromatina enrolam-se sobre si mesmos como uma mola, tornando-se mais curtos e mais espessos, num processo chamado condensação. Cada cromossoma é constituído por dois cromatídios unidos pelo centrómero denominados cromatídios irmãos. À volta de cada centríolo surgem fibras muito finas de proteína, formando o áster. Os centríolos começam a afastar-se um do outro, alongando-se entre eles as fibras que vão constituir o fuso acromático. A membrana nuclear desintegra-se. Os nucléolos desaparecem.
Metafase  	Os centríolos atingiram os pólos da célula. Os cromossomas estão altamente condensados, tendo atingido o máximo encurtamento. Os cromossomas ligam-se às fibras do fuso acromático através dos centrómeros e dispõem-se no equador da célula, formando a placa equatorial. Na placa equatorial, os cromatídios de cada cromossoma voltam-se para pólos opostos.
Anafase  	Os centrómeros dividem-se e os cromatídios separam-se. Os cromatídios, agora chamados cromossomas, são puxados em direcção aos pólos pelas fibras do fuso a que estão ligados. No final desta fase existe em cada pólo da célula um conjunto de cromossomas com a mesma quantidade de DNA existente na célula-mãe.
Telofase 	Forma-se uma membrana nuclear à volta de cada conjunto de cromossomas. Desaparece o fuso acromático. Aparecem de novo os nucléolos. Os cromossomas descondensam-se e deixam de ser visíveis ao microscópio óptico. A célula tem agora dois núcleos.

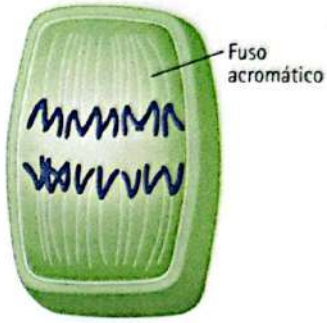
Digitalizada com CamScanner

A **citocinese** consiste na divisão do citoplasma em duas partes mais ou menos iguais. Na zona da placa equatorial forma-se um anel de fibras de proteína que se contrai, estrangulando o citoplasma até à separação das duas células-filhas.

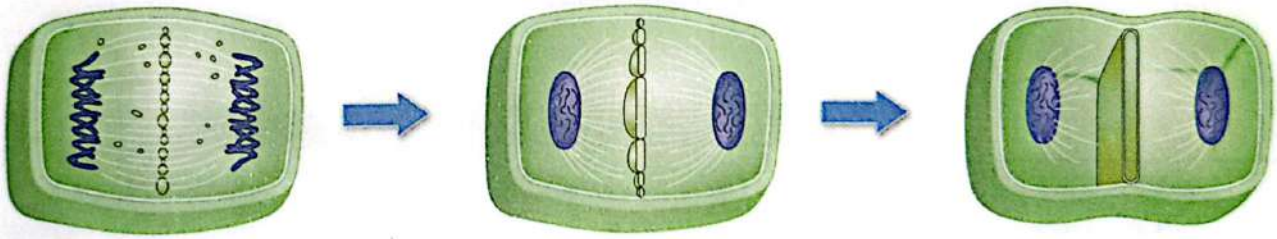
Fase mitótica na célula vegetal

Nas células vegetais, o processo de divisão por mitose é semelhante ao das células animais, registando-se, no entanto, algumas diferenças:

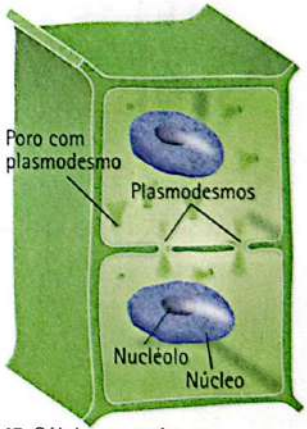
- Nas Angiospérmicas e nas Gimnospérmicas não existem centríolos. Por isso, não se formam ásteres. O fuso acromático é formado por fibras que se estendem de um pólo ao outro da célula (fig. 43).
- Na citocinese não há estrangulamento do citoplasma. Ela inicia-se com a formação de uma placa que divide o citoplasma da célula em duas partes. Mais tarde, depositam-se, de um lado e do outro desta placa, moléculas de celulose que vão constituir as paredes primárias das células-filhas (fig. 44).



43. Fuso acromático numa célula vegetal.


44. Citocinese na célula vegetal.

- A separação dos citoplasmas das novas células não é completa. Na placa inicial de separação formam-se poros, chamados **plasmodesmos**, através dos quais os citoplasmas das células comunicam um com o outro, mesmo depois da deposição da parede celulósica (fig. 45).



45. Célula vegetal com plasmodesmos.

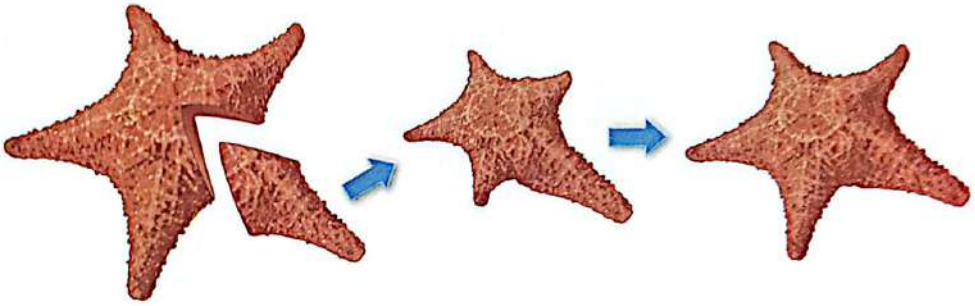
2.2. Importância biológica da mitose

- Nos organismos unicelulares, a divisão celular por mitose constitui a própria **reprodução**, já que a partir de um indivíduo – uma célula – surgem dois novos indivíduos portadores da mesma informação genética (fig. 46).

46. Divisão celular de um protozoário.

Digitalizada com CamScanner

- Nos organismos pluricelulares, a mitose permite:
  - o **crescimento** de um ser vivo a partir da célula-ovo, através da multiplicação rápida das suas células;
  - a **renovação** dos tecidos, por substituição das células mortas por outras que se vão formando, como sucede na pele e no sangue do ser humano;
  - a **regeneração** de partes do corpo em plantas e animais. A estrela-do-mar, por exemplo, regenera um ou mais braços perdidos, ou pode mesmo, a partir de um único braço, reconstituir o animal completo (fig. 47).



47. Esquema da regeneração da estrela-do-mar.

ACTIVIDADE 5 – Observação da mitose em células da raiz da cebola

48. Raízes de cebola.

Material:

- Raízes de cebola
- Microscópio óptico
- Solução de orceína acética
- Lamparina de álcool
- Pinça de madeira
- Tesoura
- Tubo de ensaio
- Vidro de relógio
- Papel de filtro
- Bisturi e pinça
- Lâminas e lamelas
- Conta-gotas
- Agulhas de dissecção

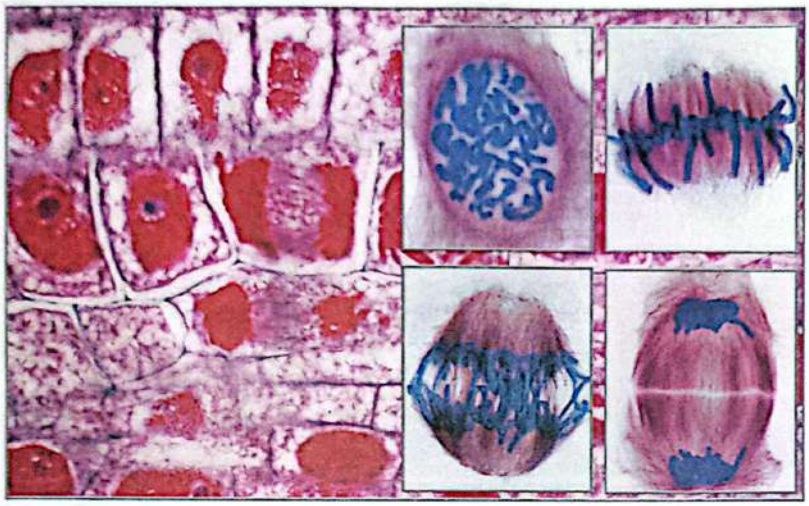
Modo de proceder:

1. Com a tesoura, corta algumas extremidades das raízes, com 2 a 3 mm de comprimento.
2. Coloca-as no tubo de ensaio, juntamente com 1 ml de orceína acética.
3. Aquece a parte lateral do tubo, mais ou menos a 5 cm da chama da lamparina, até que o corante atinja a fervura, mas sem o deixar ferver. Retira o tubo da chama e repete três vezes esta operação.

   Atenção: Pega no tubo com a pinça de madeira e não o coloques directamente sobre a chama, nem vires a boca do frasco para os teus colegas, pois a orceína pode saltar do tubo. Não te esqueças de apagar a lamparina.
4. Despeja o corante no vidro de relógio e, com ajuda da agulha ou da pinça, retira uma ou duas pontas da raiz e coloca-as na lâmina.
5. Com o conta-gotas deita uma gota de orceína fria sobre as raízes e, com duas agulhas, separa os ápices das raízes em pequenos fragmentos.
6. Coloca uma lamela sobre a lâmina e pressiona-a ligeiramente com um dedo, ou com o cabo da agulha. **Deves fazer pressão com cuidado para não partires a lamela.**

Digitalizada com CamScanner

7. Coloca um pedaço de papel de filtro sobre a lamela e volta a esmagar levemente com o polegar, ao mesmo tempo que o corante em excesso é absorvido.
8. Observa a lâmina ao microscópio, primeiro com a menor ampliação e depois com uma ampliação maior. A lamela deve ficar sempre virada para cima.
9. Observa as células em divisão, faz os esquemas das imagens de mitose observadas e compara-as com as figuras de mitose existentes no teu livro.



49. Diversas fases da mitose em células vegetais.

Discussão:

– Porque se usam as pontas das raízes da cebola para observar células em divisão?

– És capaz de descobrir quantos cromossomas tem a cebola?

SABER +

QUERES SABER MAIS?

Porque se dividem as células?

- **Numa célula jovem, o núcleo é grande, mas o seu volume mantém-se mais ou menos o mesmo enquanto a célula cresce. A célula pode, por isso, crescer até um ponto em que o núcleo já não consegue controlar a actividade do citoplasma. Nessa altura, a célula divide-se por mitose, que origina dois núcleos, ficando deste modo restabelecido o equilíbrio entre o citoplasma e o núcleo.**
- **Nas células dos vários organismos, incluindo o ser humano, não é possível observar directamente o que se passa durante o funcionamento dos cromossomas. No entanto, existem nas células de diversos órgãos de larvas de moscas e de mosquitos os cromossomas chamados politénicos ou gigantes, que podem ser mil vezes maiores do que os de uma célula comum.**

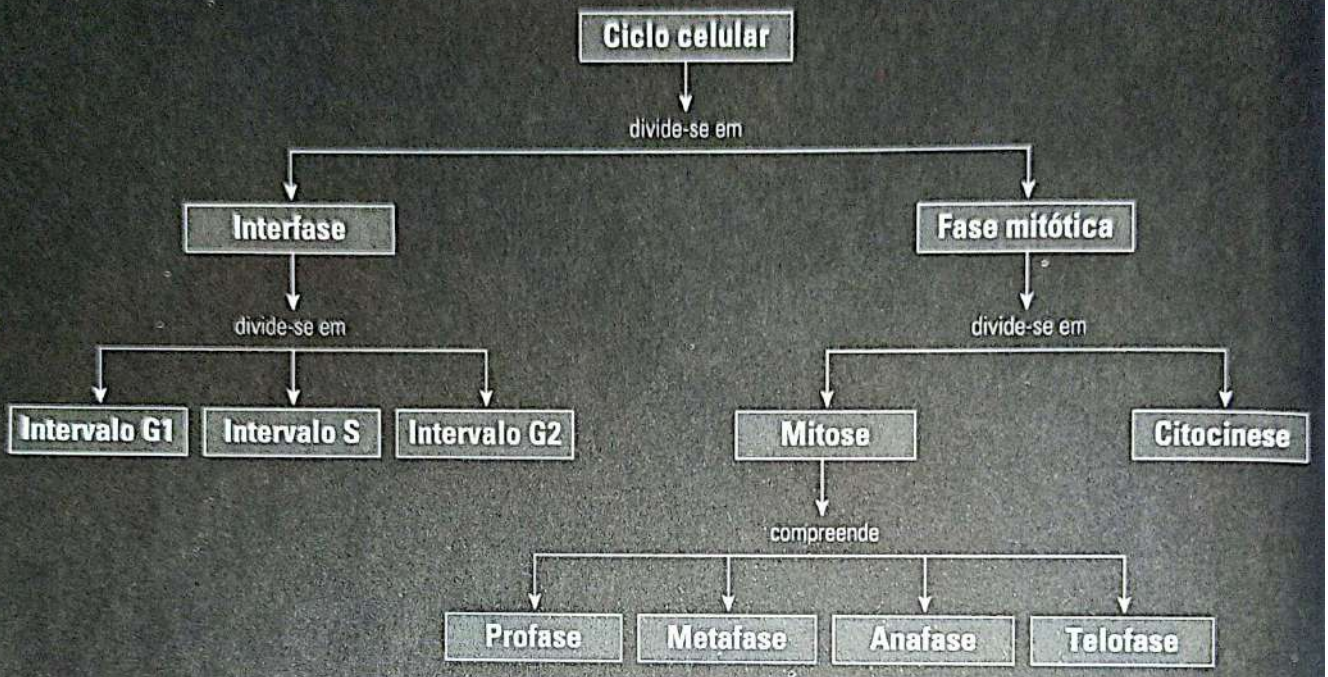
  Por razões que ainda não são conhecidas, os cromossomas homólogos emparelham e começam a multiplicar-se, sem que os cromatídios irmãos se separem e sem que haja divisão do núcleo. Por conter um número cada vez mais elevado de filamentos cromossómicos, o núcleo cresce e o citoplasma também aumenta de volume. As células que contêm os cromossomas gigantes chegam a ser 10 mil vezes maiores do que as restantes células diplóides. Estes cromossomas, embora diferentes dos humanos, permitem estudar a actividade dos genes e imaginar o que se passa nos outros organismos.

50. *Drosophila melanogaster.*

Digitalizada com CamScanner

SÍNTESE

- O **ciclo celular** é o processo que decorre desde o surgimento de uma célula até à sua própria divisão.



- A importância biológica da mitose é devida a:
  - constituir a própria **reprodução** nos organismos unicelulares;
  - permitir o **crescimento**, a **renovação** dos tecidos e a **regeneração** de partes do corpo nos organismos pluricelulares.

Digitalizada com CamScanner

AUTO-AVALIAÇÃO

1. Assinala a opção correcta para cada uma das frases seguintes.

1.1. Na mitose, a descondensação dos cromossomas, o desaparecimento do fuso acromático, o reaparecimento do nucléolo e a citocinese caracterizam a:

A. anafase. ☐

B. metafase. ☐

C. telofase. ☐

D. profase. ☐

E. interfase. ☐

1.2. O conjunto de eventos que caracterizam a mitose permite:

A. que o citoplasma se divida igualmente. ☐

B. que o material genético de uma célula se divida igualmente entre duas células-filhas. ☐

C. a variabilidade das espécies. ☐

D. a produção de gâmetas com diferentes combinações de cromossomas. ☐

2. O ciclo celular inclui a interfase e a mitose. Assinala a opção que indica correctamente a sequência natural dos períodos do ciclo celular, com base na seguinte chave:

Chave:

1. Período G_1

2. Divisão celular

3. Período S

4. Período G_2

A. 4 – 3 – 1 – 2 ☐

B. 2 – 3 – 1 – 4 ☐

C. 2 – 3 – 4 – 1 ☐

D. 1 – 3 – 4 – 2 ☐

E. 1 – 2 – 3 – 4 ☐

3. A mitose é um processo biológico muito importante.

3.1. Refere a importância biológica da mitose.

3.2. Dá o exemplo de um ser vivo que utiliza a mitose para a regeneração do corpo.

Digitalizada com CamScanner

3. Meiose

Meiose é o processo de divisão celular que, a partir de uma célula diplóide, origina quatro células-filhas haplóides, com metade do número de cromossomas da célula-mãe.

DESCOBRE

- O que é a meiose?
- Como se reduz o número de cromossomas na célula?
- Qual é a importância biológica da meiose?

3.1. Fases da meiose

No processo da meiose ocorrem duas divisões celulares:

- **Divisão I** ou **meiose I**, também chamada reducional, por originar dois núcleos com metade dos cromossomas existentes no núcleo da célula-mãe.
- **Divisão II** ou **meiose II**, também chamada equacional, porque a partir dos núcleos formados na divisão I se originam quatro núcleos, tendo cada um o mesmo número de cromossomas do núcleo que lhe deu origem.

A divisão I é precedida pela interfase, durante a qual se efectua a replicação do DNA constituinte dos cromossomas e, por isso, no início da meiose, cada cromossoma é formado por dois cromatídios idênticos ligados pelo centrómero. Embora a meiose seja longa e constituída por duas divisões sucessivas, a replicação do DNA só se efectua uma vez.

VOCABULÁRIO

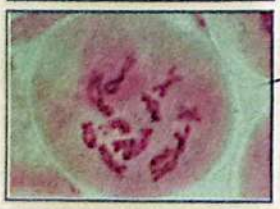
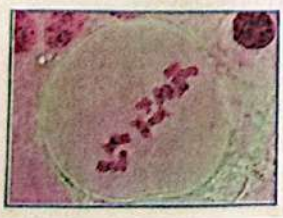
Reducional: que reduz ou diminui.

Equacional: que mantém a igualdade.

3.1.1. Meiose I

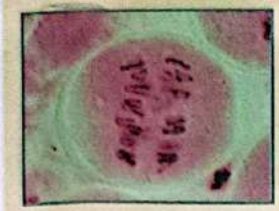
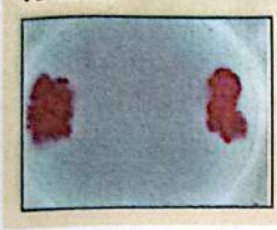
A tabela V apresenta os principais acontecimentos da meiose I.

Tabela V – Principais acontecimentos da meiose I.

FASES DA MEIOSE I	PRINCIPAIS ACONTECIMENTOS
Profase I 	Fase muito longa e complexa. Os cromossomas já estão duplicados, mas ainda são muito finos e compridos. No final da profase, os cromossomas apresentam-se mais curtos e espessos, sendo possível vê-los nitidamente. Os cromossomas homólogos **emparelham** uns com os outros. Cada par é constituído por quatro cromatídios, formando **tétradas** ou **bivalentes**. Durante o emparelhamento ocorrem **quiasmas**, pontos de cruzamento entre dois cromatídios de cromossomas homólogos. Nos pontos de quiasma pode haver fractura dos cromatídios, com troca de segmentos entre os cromatídios de dois cromossomas homólogos, passando assim os genes de um cromatídio para o outro. Este processo é chamado ***crossing over***. Os cromossomas homólogos afastam-se um do outro, continuando unidos pelos quiasmas. Desintegra-se a membrana nuclear. Nas células que possuem centríolos, estes atingem os pólos da célula. Termina a organização do fuso acromático que se foi formando ao longo da profase. Desaparecem os nucléolos.
Metafase I 	Os cromossomas, ainda constituídos por dois cromatídios, ligam-se ao fuso acromático pelo centrómero, formando a placa equatorial. Os cromossomas homólogos colocam-se em posição simétrica, com os pontos de quiasma no plano equatorial do fuso acromático.

Digitalizada com CamScanner

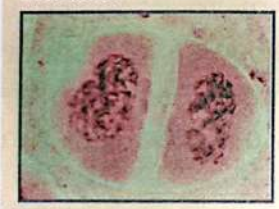
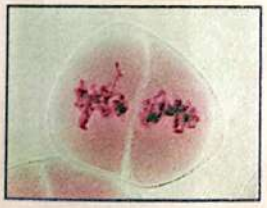
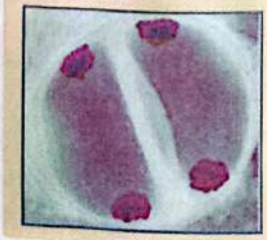
Tabela V – Principais acontecimentos da meiose I (continuação).

FASES DA MEIOSE I	PRINCIPAIS ACONTECIMENTOS
Anafase I 	Os cromossomas de cada par de homólogos, constituídos por dois cromatídios, ainda ligados pelo centrómero, separam-se, indo cada um para pólos opostos da célula. Não há divisão do centrómero.
Telofase I 	Os cromossomas atingem os respectivos pólos. Os cromossomas descondensam-se, tornando-se mais finos e compridos. O fuso acromático desaparece. Forma-se uma membrana nuclear à volta de cada conjunto de cromossomas. Cada núcleo tem metade dos cromossomas do núcleo da célula inicial. Por vezes ocorre citocinese, formando-se duas células haplóides.

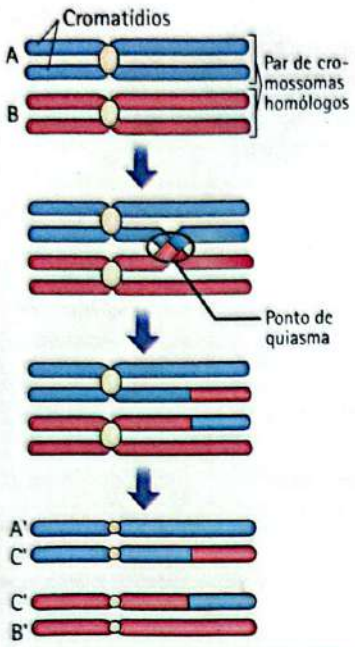
3.1.2. Meiose II

A tabela VI apresenta os principais acontecimentos da meiose II.

Tabela VI – Principais acontecimentos da meiose II.

FASES DA MEIOSE II	PRINCIPAIS ACONTECIMENTOS
Profase II 	Fase geralmente muito curta e simples. Os cromossomas condensam-se. Começa a organizar-se o fuso acromático. A membrana nuclear fragmenta-se.
Metafase II 	Os cromossomas, curtos e grossos, ligam-se ao fuso acromático, com o centrómero posicionado na região equatorial da célula. Cada cromatídio de um cromossoma fica voltado para um dos pólos da célula.
Anafase II	Os centrómeros dividem-se e os dois cromatídios de cada cromossoma separam-se e dirigem-se para pólos opostos da célula. Os cromatídios passam a chamar-se cromossomas, podendo conter informações genéticas diferentes, devido ao *crossing over* ocorrido na profase I.
Telofase II 	Os cromossomas atingem os pólos da célula e descondensam-se, tornando-se finos e compridos. Desaparece o fuso acromático. Organiza-se uma membrana nuclear à volta de cada conjunto de cromossomas. O citoplasma divide-se e surgem duas células-filhas haplóides, cada uma contendo um cromossoma de cada par de homólogos. Reaparecem os nucléolos.

Digitalizada com CamScanner



52. Recombinação genética como resultado de *crossing over*.

3.2. Importância biológica da meiose

O processo de meiose reveste-se de grande significado no seio da biologia. Essa importância biológica deve-se:

- à formação de **células haplóides**, células sexuais ou gâmetas que transportam informação genética diferente da inicial, devido à troca de segmentos entre cromatídios de cromossomas homólogos durante o *crossing over* (fig. 52).
- à sua contribuição para a **variabilidade genética** dos seres vivos. Os pares de cromossomas homólogos, cada um proveniente de um dos progenitores, separam-se, ao **acaso**, durante a primeira divisão meiótica. Como resultado, os cromossomas paternos e maternos são distribuídos, também ao acaso, pelas duas células-filhas.
- à **constância** do número de cromossomas da espécie ao longo das gerações. Durante a fecundação, o gâmeta masculino e o gâmeta feminino fundem-se e originam um zigoto diplóide que recuperou o número de cromossomas característico da espécie.

O número de **recombinações** genéticas possíveis nos gâmetas formados no processo da meiose é, assim, muito elevado. Por isso, embora um indivíduo possa ser parecido com os pais e com os irmãos, tem características que o diferenciam e o tornam único. Por vezes, um indivíduo é mais parecido com um primo do que com um irmão (fig. 53).

VOCABULÁRIO

Emparelhar: formar um par.

Homólogo: correspondente, embora um pouco diferente; equivalente.

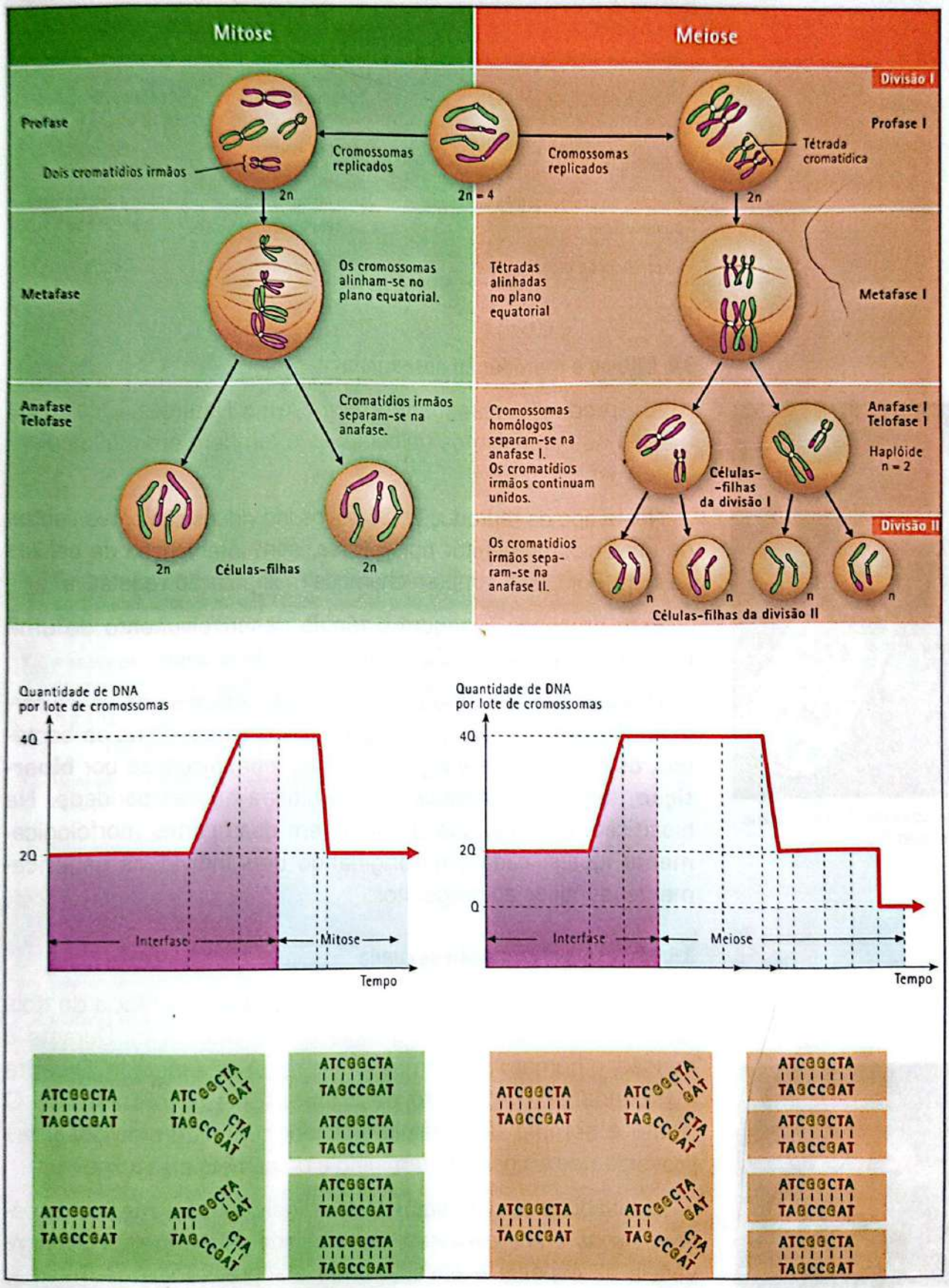
Tétrada: grupo de quatro elementos.

53. As três crias apresentam pelagem diferente entre si e pelagem diferente da pelagem da mãe.

Digitalizada com CamScanner

3.3. Comparação entre mitose e meiose

Os esquemas e os gráficos da figura 54 apresentam as principais diferenças entre a mitose e a meiose.



54. Principais diferenças entre a mitose e a meiose.

Digitalizada com CamScanner

A tabela VII resume os principais aspectos comparativos entre a mitose e a meiose.

Tabela VII – Principais aspectos da mitose e da meiose.

CARACTERÍSTICAS	MITOSE	MEIOSE
Número de divisões celulares	1	2
Número de células obtidas	2 células diplóides	4 células haplóides
Emparelhamento de cromossomas homólogos	Não existe	Existe
Número de cromossomas das células-filhas	Igual ao número da célula-mãe	Metade do número da célula-mãe
Ocorrência de *crossing over*	Não ocorre	Ocorre

3.4. Mitose e reprodução assexuada

55. Divisão celular de uma bactéria por bipartição.

A reprodução assexuada é comum na Natureza. Ocorre na maioria dos organismos unicelulares e também em muitas plantas e animais.

Neste tipo de reprodução, os novos indivíduos são provenientes de um único progenitor por **mitose**, sem intervenção de células sexuais. Por isso é também chamada multiplicação vegetativa.

Este processo assegura o rápido desenvolvimento de uma população e a colonização de ambientes favoráveis.

O processo da reprodução assexuada realiza-se de várias formas. Por exemplo, os organismos unicelulares, como as bactérias, os protozoários e algumas algas, reproduzem-se por **bipartição**, também chamada divisão binária ou cissiparidade. Na bipartição, um indivíduo divide-se em duas partes morfologicamente iguais, cada uma originando dois indivíduos geneticamente idênticos ao progenitor.

3.5. Meiose e reprodução sexuada

56. Fecundação dos óvulos da rã.

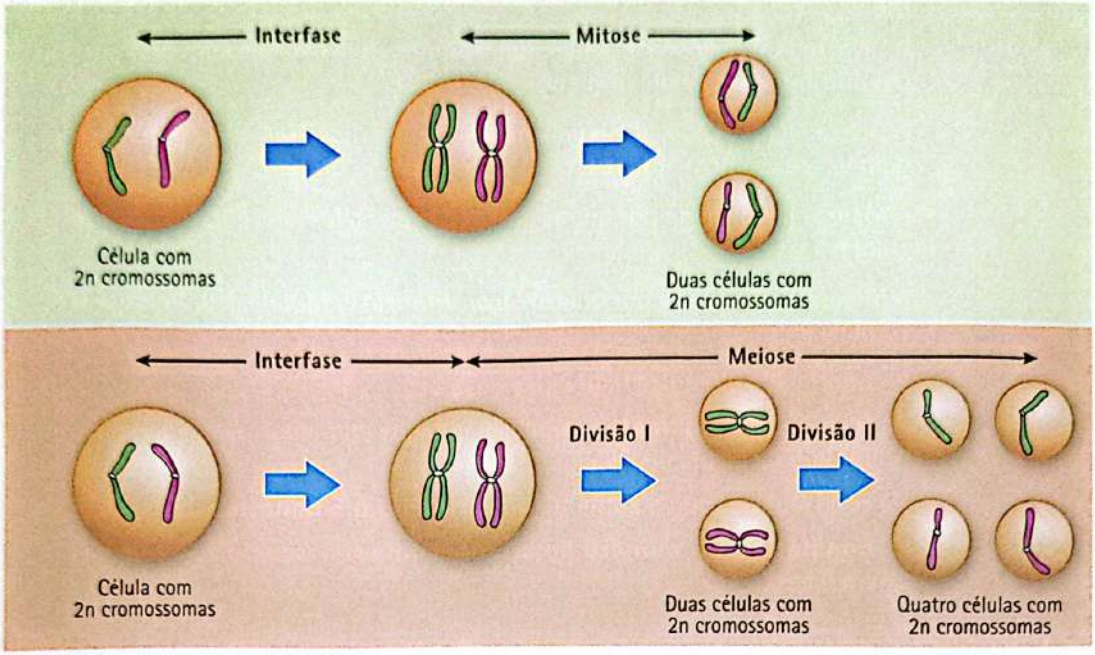
A reprodução sexuada é caracterizada pela existência de dois fenómenos fundamentais: a meiose e a fecundação. Durante a meiose, o número de cromossomas reduz-se a metade. Durante a fecundação, o número de cromossomas é restaurado. O zigoto é sempre uma célula diplóide, contendo cromossomas provenientes do gâmeta feminino e do gâmeta masculino.

A variabilidade genética entre os indivíduos da mesma espécie permite a sua evolução, contribuindo para a melhor sobrevivência da espécie e possibilitando a sobrevivência da mesma, em caso de alterações ambientais.

Digitalizada com CamScanner

ACTIVIDADE 6 – Reprodução assexuada e reprodução sexuada

1. Observa o esquema da figura 57, que compara os principais eventos da mitose com os da meiose.



57.

1.1. Compara os dois tipos de divisão celular representados, indicando o número de divisões nucleares existentes; o número de interfases e o número de células-filhas que se formam no final de cada processo.

1.2. Analisa os dois processos de divisão celular no que diz respeito ao número de cromossomas presentes nas células-mães e nas respectivas células-filhas.

1.2.1. Utilizando as palavras haplóide e diplóide, designa cada um dos tipos de células-filhas que resultam destes processos.

1.3. Qual das divisões nucleares do processo da meiose é responsável pela redução do número de cromossomas da célula-mãe?

SABER +

QUERES SABER MAIS?

- **A meiose não se realiza na mesma fase do ciclo de vida de todos os organismos que possuem reprodução sexuada.**

Por exemplo, as *Chlamydomonas*, algas-verdes unicelulares com dois flagelos e núcleo haplóide, reproduzem-se vulgarmente de forma assexuada, mas podem apresentar também reprodução sexuada.

Quando as condições do meio se tornam adversas, dois indivíduos idênticos ligam-se pelos flagelos e o conteúdo de uma das células passa para a outra. Os dois núcleos fundem-se, formando um zigoto diplóide que pode sobreviver até existirem condições favoráveis. Nessa altura, o zigoto divide-se por meiose, originando quatro células haplóides, que se desenvolvem em indivíduos adultos que podem recomeçar o ciclo.

Digitalizada com CamScanner

SÍNTESE

- A **meiose** é o processo de divisão celular que origina quatro células-filhas com metade do número de cromossomas da célula-mãe.
- Na meiose ocorrem duas divisões celulares, mas o DNA só se replica uma vez.
- A Divisão I ou Meiose I é reducional – origina dois núcleos com metade dos cromossomas da célula original.
- A Divisão II ou Meiose II é equacional – origina dois núcleos com o mesmo número de cromossomas da célula que lhes deu origem.
- A Meiose I é formada por quatro fases: Profase I, Metafase I, Anafase I e Telofase I.
- A Meiose II é formada por quatro fases: Profase II, Metafase II, Anafase II e Telofase II.
- A importância biológica da meiose deve-se:
  - à **formação de gâmetas**, células haplóides com informação genética diferente da célula inicial;
  - à contribuição para o aumento da **variabilidade genética** da espécie;
  - à **constância do número de cromossomas** da espécie ao longo das gerações.

AUTO-AVALIAÇÃO

1. Assinala a opção correcta para cada uma das frases seguintes.

1.1. Quando uma célula se divide por meiose, formam-se no final do processo:

A. duas células com o mesmo número de cromossomas da célula-mãe. ☐

B. duas células com metade do número de cromossomas da célula-mãe. ☐

C. quatro células com o mesmo número de cromossomas da célula-mãe. ☐

D. quatro células com metade do número de cromossomas da célula-mãe. ☐

1.2. Das situações seguintes, é exclusiva da meiose:

A. a formação do fuso acromático. ☐

B. o encurtamento dos cromossomas. ☐

C. o emparelhamento dos cromossomas. ☐

D. a divisão do centrómero. ☐

2. Explica o significado biológico da meiose.

Digitalizada com CamScanner

4. Gametogénese

À semelhança do que acontece na maioria dos animais e muito particularmente nos mamíferos, a espécie humana reproduz-se sexuadamente, produzindo, assim, em cada geração, indivíduos únicos e originais.

Ao nascer, uma criança, rapaz ou rapariga, possui já um aparelho reprodutor, que se tornará funcional a partir da puberdade. Nesta fase, as gónadas atingem a maturidade, iniciando-se a produção de gâmetas.

O conjunto de transformações que conduz à formação de gâmetas designa-se **gametogénese**. As células sexuais, ou gâmetas, são células haplóides que se formam por **meiose**.

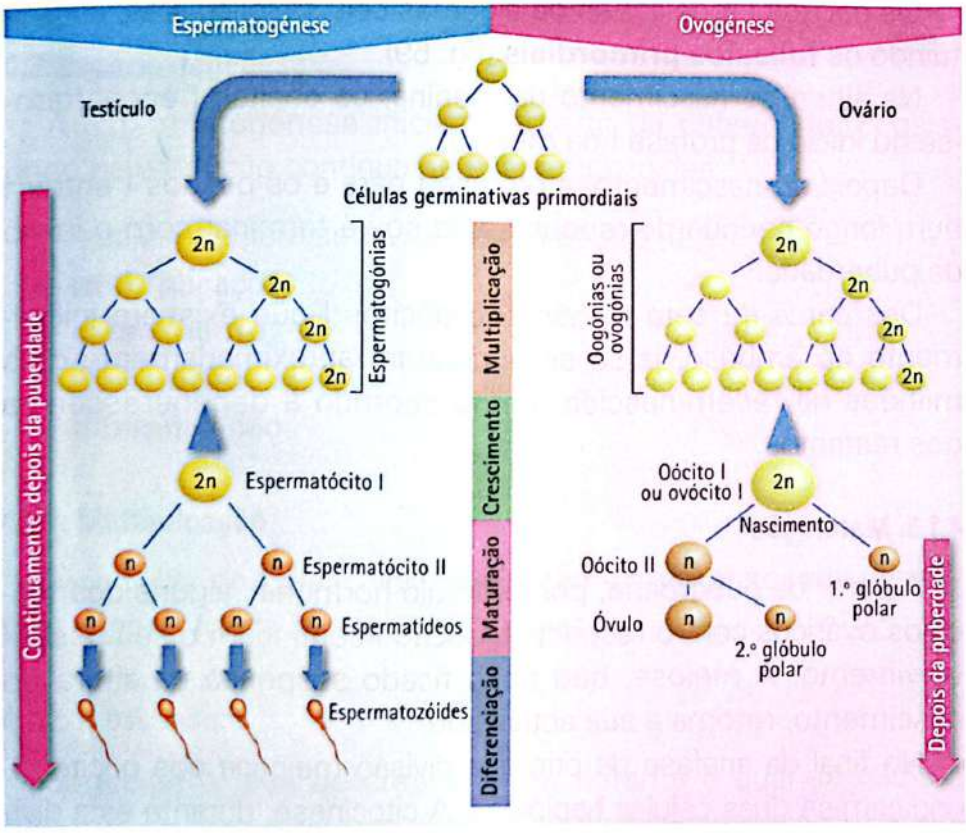
A gametogénese feminina, que ocorre nos ovários, originando oócitos, ou ovócitos, é designada **oogénese** ou **ovogénese**.

A gametogénese masculina, que ocorre nos testículos e forma espermatozóides, é denominada **espermatogénese**.

A figura 58 destaca os principais acontecimentos da gametogénese feminina e masculina.

DESCOBRE

- Qual é o processo de divisão celular associado à formação dos gâmetas?
- Quando começa e termina a gametogénese na mulher?
- Quando começa e termina a gametogénese no homem?
- Quais são as fases que ocorrem na gametogénese?
- Que diferenças se destacam entre a ovogénese e a espermatogénese?



58. Principais acontecimentos da gametogénese feminina e masculina.

4.1. Ovogénese

Na espécie humana, a ovogénese inicia-se antes do nascimento da mulher e só se completa no momento da fecundação.

VOCABULÁRIO

Gónada: glândula sexual (ovário, testículo) que produz gâmetas e que segrega hormonas.

Maturidade: pleno desenvolvimento.

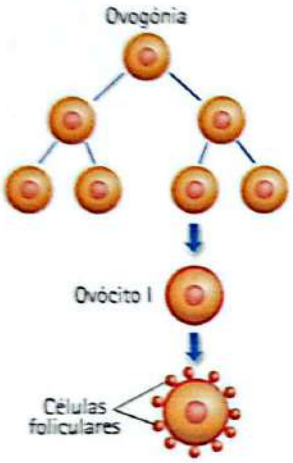
Digitalizada com CamScanner

A ovogénese divide-se em três fases:
- **multiplicação**;
- **crescimento**;
- **maturação**.

4.1.1. Multiplicação

É no ovário do embrião que ocorre a fase de multiplicação da ovogénese. As células chamadas oogónias (ovogónias), células diplóides, multiplicam-se por mitoses sucessivas. Calcula-se que cerca de sete milhões de oogónias (ovogónias) estão presentes em ambos os ovários de um feto de cinco meses e meio. No entanto, a maior parte destas oogónias degenera, não ocorrendo nova produção.

4.1.2. Crescimento



59. Formação de um folículo primordial.

Ainda na vida intra-uterina, as oogónias que não degeneraram iniciam a fase de crescimento, dando origem aos oócitos I. Nesta fase, inicia-se a meiose. Verifica-se o aumento da quantidade de citoplasma, devido a intensos processos de síntese proteíca.

Os oócitos I rodeiam-se de algumas células foliculares, constituindo os **folículos primordiais** (fig. 59).

Na altura do nascimento da menina, os oócitos I encontram-se no início da profase I da meiose.

Depois do nascimento, a profase I pára e os oócitos I entram num longo período de repouso, que só irá terminar com o início da puberdade.

Dos cerca de sete milhões de oócitos I que existiam inicialmente no embrião, já só se encontram aproximadamente dois milhões na recém-nascida, tendo ocorrido a degenerescência dos restantes.

4.1.3. Maturação

A partir da puberdade, por estímulo hormonal, alguns dos folículos ováricos com o respectivo oócito I continuam o seu desenvolvimento. A meiose, que tinha ficado suspensa na altura do nascimento, retoma a sua actividade.

No final da anafase da primeira divisão meiótica dos oócitos I, originam-se duas células haplóides. A citocinese, durante esta divisão, é desigual, pois a partir de um oócito I forma-se uma célula maior, o **oócito II**, que acumula quase todo o citoplasma, e outra, muito menor, não funcional, denominada **1.º glóbulo polar**.

Na espécie humana, a ovulação na mulher não corresponde à saída do óvulo do ovário. O que se liberta, na verdade, é o oócito II e o 1.º glóbulo polar.

VOCABULÁRIO

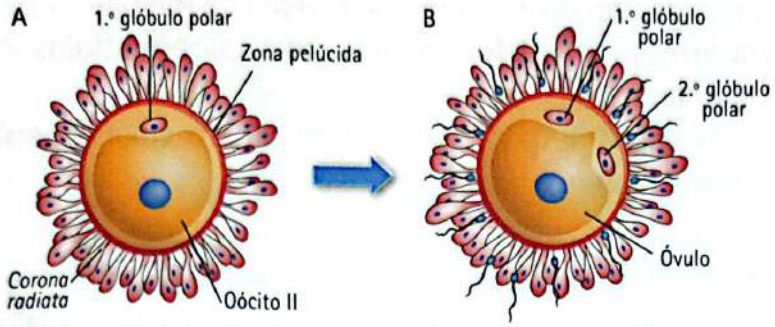
Feto: estágio de desenvolvimento intra-uterino a partir de oito semanas de vida embrionária e até ao fim da gestação.

Intra-uterina: no interior do útero.

Maturação: processo de desenvolvimento.

Digitalizada com CamScanner

Se houver fecundação, o oócito secundário completa a meiose. Quando tal acontece, verifica-se novamente uma repartição desigual do citoplasma, formando-se uma célula maior, o **óvulo**, e outra menor, o **2.º glóbulo polar** (fig. 60).



60. A – esquema de um ovócito II; B – formação de um óvulo e 2.º glóbulo polar.

A razão por que uma só célula acumula quase todo o citoplasma da célula-mãe está relacionada com o facto de ela ser a célula feminina, que, depois de fecundada, vai originar a célula-ovo, a partir da qual se forma o embrião.

4.2. Espermatogénese

A espermatogénese inicia-se a partir da puberdade, consistindo na produção contínua de espermatozóides.

A espermatogénese divide-se em quatro fases:
– **multiplicação**;
– **crescimento**;
– **maturação**;
– **diferenciação**.

4.2.1. Multiplicação

As células dos testículos multiplicam-se por mitoses sucessivas, dando origem às espermatogónias.

4.2.2. Crescimento

Segue-se a fase de crescimento, durante a qual se inicia a meiose. Tal como na ovogénese, verifica-se nas espermatogónias um aumento de citoplasma, acompanhado de uma intensa síntese proteica. Contudo, o desenvolvimento da célula masculina é menor relativamente ao da célula feminina.

As células que resultam desta fase de crescimento designam-se **espermatócitos I**.

VOCABULÁRIO

Degenerescência: perda das qualidades próprias.

Primordial: original, primitivo, primeiro.

Puberdade: período da vida em que se inicia a actividade das glândulas reprodutoras e se manifestam os caracteres sexuais secundários.

Digitalizada com CamScanner

4.2.3. Maturação

Nesta etapa, os **espermatócitos I** irão prosseguir com a meiose até à anafase da primeira divisão da meiose. No final desta, originam-se, a partir de cada espermatócito I, duas células haplóides, os **espermatócitos II**.

Em seguida, decorre a segunda divisão da meiose. A partir de cada espermatócito II formam-se dois espermatídios com o mesmo tamanho.

De cada espermatogónia resultam quatro células haplóides denominadas espermatídios.

4.2.4. Diferenciação

Os espermatídios transformam-se em células especializadas, os espermatozóides. Os gâmetas masculinos adquirem, nesta fase, a forma que melhor se ajusta à função que desempenham.

4.3. Comparação entre a ovogénese e a espermatogénese

A tabela VIII apresenta os principais aspectos comparativos entre a ovogénese e a espermatogénese.

Tabela VIII

ASPECTOS A COMPARAR	OVOGÉNESE	ESPERMATOGÉNESE
Início da gametogénese	Na fase do embrião feminino	A partir da puberdade do homem
Número de gâmetas produzidos a partir de uma gónia	Cada ovogónia dará origem a um único óvulo	Cada espermatogónia dará origem a 4 espermatozóides
Ritmo do desenvolvimento	Com uma fase de repouso e depois é cíclico	Sempre contínuo
Duração	Desde a fase embrionária até à menopausa	Desde a puberdade até à morte

ACTIVIDADE 7 – Etapas da gametogénese

1. Identifica as diferentes etapas que ocorrem durante a ovogénese e a espermatogénese.
2. Em qual das etapas da gametogénese se inicia a meiose?
3. Qual te parece ser o processo de divisão celular que permite a formação das gónias (ovogónias e espermatogónias) na fase da multiplicação?
4. Como justificas o facto de a célula feminina ter maior quantidade de citoplasma do que a masculina?
5. Elabora uma lista com as semelhanças e outra com as diferenças entre a espermatogénese e a ovogénese.

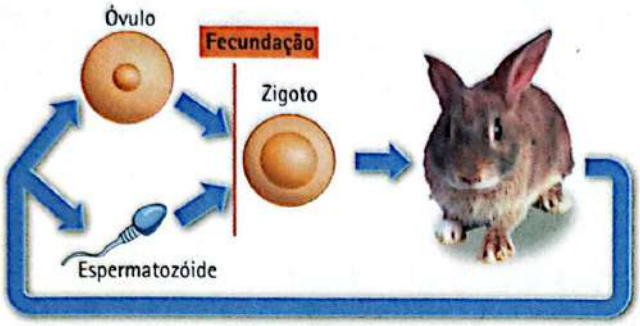
VOCABULÁRIO

Menopausa: fim dos ciclos menstruais da mulher.

Digitalizada com CamScanner

5. Fecundação

A **fecundação** é a união de dois gâmetas, ou células sexuais, um feminino e outro masculino. Desta união resulta uma célula, o **ovo** ou **zigoto**, a partir da qual se desenvolve o novo ser (fig. 61).



61. Fecundação e desenvolvimento de um novo ser.

A fecundação restitui a diploidia ao promover o encontro do conjunto de cromossomas com um número haplóide do gâmeta feminino e do conjunto de cromossomas com um número haplóide do gâmeta masculino. No caso do ser humano, cada óvulo e cada espermatozóide possuem 23 cromossomas.

Os núcleos dos dois gâmetas fundem-se (cariogamia), formando-se o ovo, com 46 cromossomas.

DESCOBRE

- Por que razão se consideram a meiose e a fecundação dois fenómenos opostos?
- Qual é o processo de divisão celular que impede que o número de cromossomas de uma espécie duplique em cada geração?
- Qual é o tipo de divisão celular envolvido em cada um dos tipos de reprodução (assexuada e sexuada)?
- Qual é a importância biológica da reprodução sexuada?

6. Comparação entre a reprodução sexuada e a reprodução assexuada

A capacidade de reprodução é uma das características mais importantes dos seres vivos, pois constitui o único processo que garante a continuidade das espécies. É através dela que os organismos se perpetuam, produzindo novos indivíduos que vão substituí-los no meio ambiente. A reprodução assume aspectos muito diversos, que se podem agrupar em dois tipos fundamentais: a reprodução assexuada e a reprodução sexuada.

A tabela IX apresenta, resumidamente, as principais diferenças entre os dois tipos de reprodução.

VOCABULÁRIO

Cariogamia: fusão dos núcleos dos gâmetas masculino e feminino, dando origem ao núcleo diplóide do ovo ou zigoto.

Progenitor: que deu origem a um ou vários descendentes através de um processo reprodutivo.

Portador: o que traz ou leva.

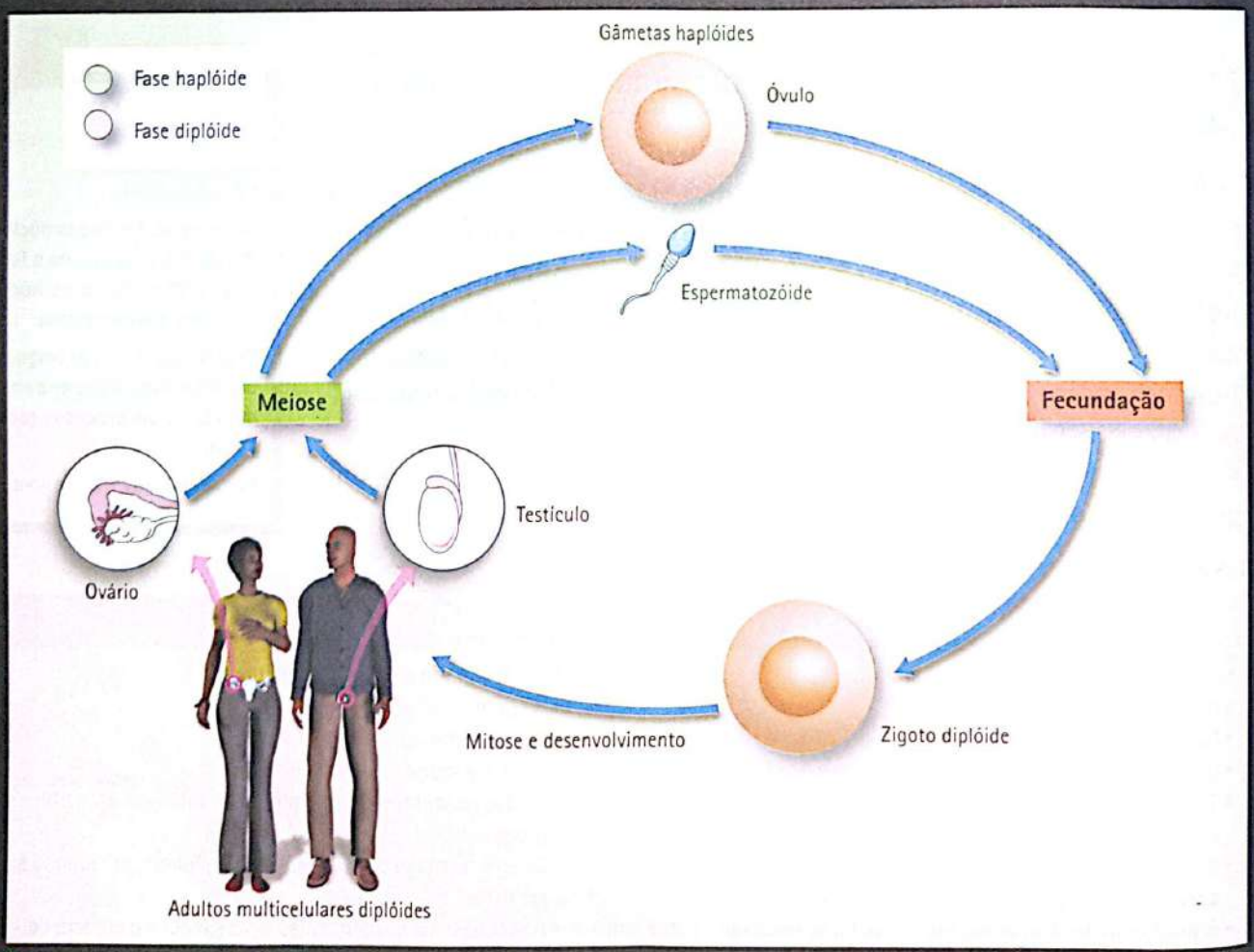
Tabela IX

REPRODUÇÃO ASSEXUADA	REPRODUÇÃO SEXUADA
• Envolvimento de um só progenitor. • Não há gametogénese. • Não há fecundação. • O processo de divisão celular é a mitose. Não ocorre a meiose. • Todos os descendentes são geneticamente iguais e idênticos ao progenitor. • Ocorre nas plantas, nos microrganismos e em animais que apresentam baixo grau de complexidade. • A produção de descendentes é rápida, produzindo muitos indivíduos em pouco tempo quando as condições do ambiente são favoráveis.	• Envolvimento de dois progenitores. • Há gametogénese. • Há fecundação. • Ocorre a meiose. • Os descendentes diferem entre si e relativamente ao progenitor. • Ocorre na maioria dos animais, em plantas, em fungos e protistas. • A produção de descendentes é mais lenta e o número de indivíduos é menor. Contudo, este tipo de reprodução permite uma adaptação da espécie às modificações do meio ambiente.

Digitalizada com CamScanner

SÍNTESE

- Na mulher, a gametogénese caracteriza-se por ser cíclica desde a puberdade até à menopausa e, no homem, por ser contínua, desde a puberdade até ao fim da vida.
- A **ovogénese** ocorre desde a vida intra-uterina até à menopausa. Divide-se em três fases: **multiplicação**, **crescimento** e **maturação**.
- A **espermatogénese** é contínua a partir da puberdade, ocorrendo a produção de espermatozóides durante toda a vida. Divide-se em quatro fases: **multiplicação**, **crescimento**, **maturação** e **diferenciação**.
- A fecundação é a união das duas células sexuais, feminina e masculina, de que resulta a formação do **ovo**, ou **zigoto**.
- A reprodução nos seres vivos pode ser **assexuada** ou **sexuada**.
- Na reprodução assexuada, os novos indivíduos provêm de um só progenitor e são geneticamente iguais, porque o tipo de divisão celular utilizado é a mitose.
- Na reprodução sexuada, os novos indivíduos resultam da união dos gâmetas dos dois progenitores. Os descendentes apresentam variabilidade genética.
- A **variabilidade** deve-se essencialmente à existência de dois acontecimentos fundamentais no ciclo de vida dos seres vivos com reprodução sexuada: a **meiose** e a **fecundação**.

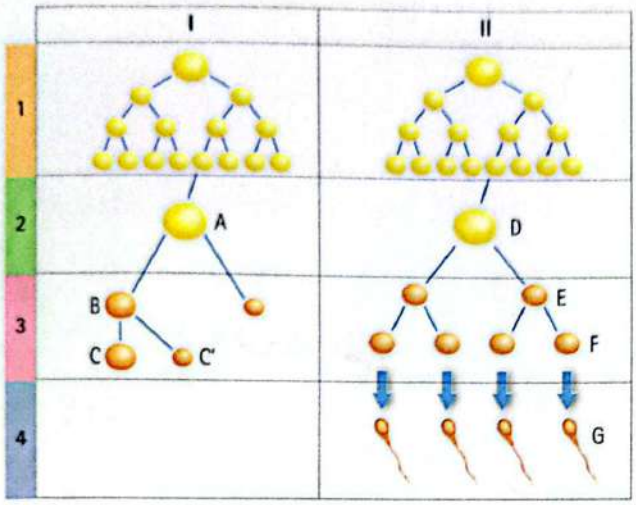


62. Esquema da meiose e fecundação, dois processos essenciais da reprodução sexuada.

Digitalizada com CamScanner

AUTO-AVALIAÇÃO

1. O esquema da figura 63 apresenta o mecanismo da gametogénese na espécie humana.



63.

1.1. Descobre os tipos de gametogénese I e II referenciados no esquema.

1.2. Identifica as fases da gametogénese representadas, respectivamente, pelos números 1, 2, 3 e 4.

1.3. Como se designam as células representadas no esquema pelas letras A, B, C, C', D, E, F e G?

1.4. Em que período da vida da mulher e do homem se formam as células A e D?

1.5. Em que órgão do aparelho reprodutor feminino se forma a célula referenciada com a letra C?

2. Relaciona cada uma das afirmações seguintes com uma das letras da chave.

Afirmações:

1. Contribui para a variabilidade genética das espécies.
2. Há duplicação do cariótipo de geração em geração.
3. Garante a perpetuação da vida na Terra.
4. Dá origem a uma descendência geneticamente igual ao progenitor.
5. Ocorre troca de material genético.
6. Proporciona uma rápida colonização de um ambiente.
7. O cariótipo mantém-se ao longo das gerações.
8. Permite a adaptação dos seres a novos ambientes.

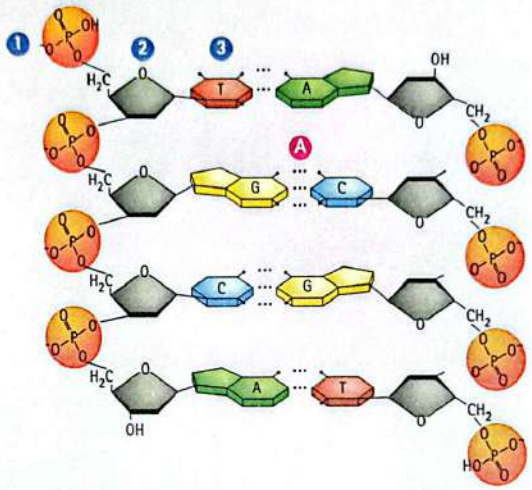
Chave:

A. Reprodução sexuada
B. Reprodução assexuada
C. Nenhum dos processos
D. Ambos os processos

Digitalizada com CamScanner

1 AVALIAÇÃO FINAL

1. Observa a figura 64, que representa uma porção da dupla hélice da molécula de DNA, proposta por Watson e Crick.



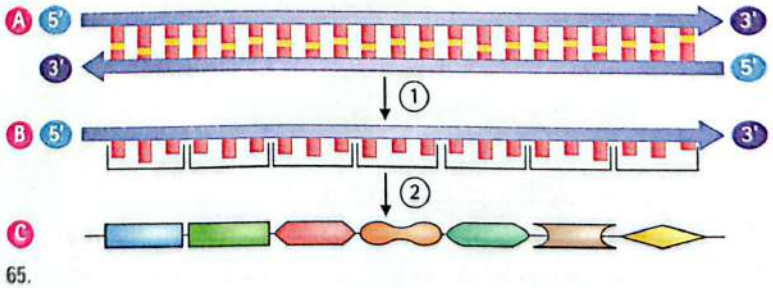
64.

1.1. Indica o que representam as estruturas **1**, **2** e **3**.

1.2. Refere o tipo de ligações assinaladas na figura pela letra **A**.

1.3. As duas cadeias da dupla hélice do DNA são antiparalelas. Explica a afirmação anterior.

2. A figura 65 representa, esquematicamente, os processos básicos da expressão génica.



65.

2.1. Identifica as moléculas **A**, **B** e **C**.

2.2. Refere três características que permitem distinguir as moléculas **A** e **B**.

2.3. Identifica os processos **1** e **2**.

2.4. Localiza nas células eucarióticas a ocorrência dos processos **1** e **2**.

Digitalizada com CamScanner

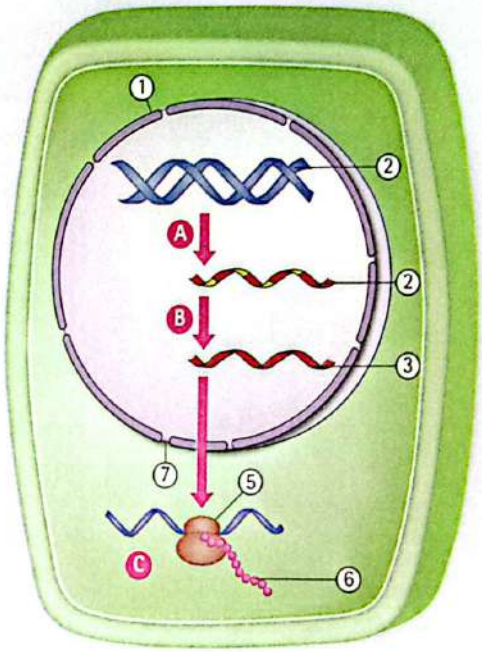
2.5. Como se designam as sequências de três elementos da molécula B representadas na figura?

2.6. Explica de que forma essas sequências determinam a formação da estrutura representada pela letra C.

3. O codão GAT é traduzido no mesmo aminoácido em praticamente todos os organismos, desde as bactérias até aos animais e plantas de maior complexidade.

Como se denomina essa característica do código genético?

4. A figura 66 representa as principais etapas da expressão génica.



66.

4.1. Na figura está representada uma célula procariótica ou eucariótica? Justifica.

4.2. Faz a legenda dos números da figura.

4.3. Identifica as fases representadas por A, B e C.

4.4. Explica em que consiste a fase B.

4.5. Considera a seguinte molécula de nucleótidos pertencente a uma das cadeias da molécula representada pelo algarismo 2:
5'-AATGCCTTGCAG-3'.

4.5.1. Escreve a sequência de nucleótidos da cadeia complementar.

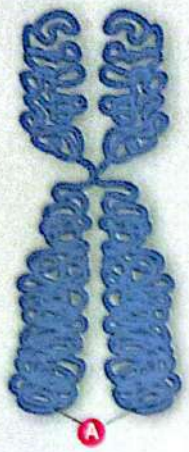
4.5.2. Escreve a sequência de nucleótidos da molécula 3.

5. As moléculas de RNA são muito versáteis e, apesar de terem uma composição semelhante, variam na estrutura e desempenham várias funções nas células.

Faz corresponder uma letra da coluna I a cada uma das afirmações da coluna II.

COLUNA I	COLUNA II
A. mRNA	1. Faz parte da estrutura do ribossoma.
B. rRNA	2. É formado por uma cadeia simples de nucleótidos.
C. tRNA	3. Possui um local de ligação a um aminoácido.
D. Todas as anteriores	4. Transporta a informação contida no DNA para os ribossomas.
E. Nenhuma das anteriores	5. Faz parte da estrutura do invólucro nuclear.
	6. Traduz a sequência de codões de mRNA para a sequência de aminoácidos de uma proteína.
	7. É exclusivo das células procarióticas.
	8. A sua síntese ocorre no nucléolo.

Digitalizada com CamScanner



67.

6. A figura 67 representa um cromossoma da espécie humana.

Como se chamam as estruturas indicadas pela letra A? De que substância são formadas? (Escolhe a opção que responde simultaneamente às duas perguntas.)

A. cromatídio – DNA ☐
B. centrómero – RNA ☐
C. cromatídio – RNA ☐
D. centrómero – DNA ☐

7. Assinala a opção correcta.

Célula diplóide é aquela em que:

A. existem dois cromossomas não homólogos. ☐
B. o cariótipo é formado por dois conjuntos haplóides. ☐
C. o cariótipo é formado por dois conjuntos diplóides. ☐
D. cada cromossoma apresenta dois centrómeros. ☐

8. O ciclo celular corresponde ao processo de formação de novas células e é dividido em quatro períodos.

Assinala a opção correcta (A, B, C, D ou E) que indica a sequência normal dos períodos do ciclo celular.

I. Período G1 (aumento do citoplasma por intensa síntese de proteínas e RNA).
II. Divisão celular (formação de duas células-filhas).
III. Período S (duplicação do conteúdo do DNA).
IV. Período G2 (síntese de proteínas e RNA).

A. IV, III, I, II ☐
B. II, III, I, IV ☐
C. II, III, IV, I ☐
D. I, III, IV, II ☐
E. I, II, III, IV ☐

9. Selecciona a opção correcta para cada uma das frases seguintes.

9.1. A série de eventos que caracterizam a mitose permite:

A. que o citoplasma se divida igualmente. ☐
B. que o material genético da célula se distribua igualmente pelas duas células-filhas. ☐
C. a variabilidade das espécies. ☐
D. a produção de gâmetas com diferentes combinações de cromossomas. ☐

Digitalizada com CamScanner

9.2. Na mitose, a duplicação dos cromossomas, formando dois cromatídios, ocorre na:

A. profase. ☐ C. interfase. ☐

B. telofase. ☐ D. anafase. ☐

9.3. A quantidade de DNA de uma célula somática em metafase da mitose é X. Células do mesmo tecido, mas nas fases G1 e G2, devem apresentar, respectivamente, a quantidade de DNA igual a:

A. $\frac{X}{2}$ e X ☐ C. 2X e X ☐

B. X e $\frac{X}{2}$ ☐ D. X e 2X ☐

9.4. Uma célula somática com quatro cromossomas deverá apresentar, na metafase da mitose:

A. quatro cromossomas distintos, cada um com um cromatídio. ☐

B. quatro cromossomas distintos, cada um com dois cromatídios. ☐

C. quatro cromossomas, emparelhados dois a dois, cada um com um cromatídio. ☐

D. quatro cromossomas, emparelhados dois a dois, cada um com dois cromatídios. ☐

9.5. Os gâmetas do homem têm 23 cromossomas. Na profase II da meiose da célula que origina esses gâmetas encontram-se:

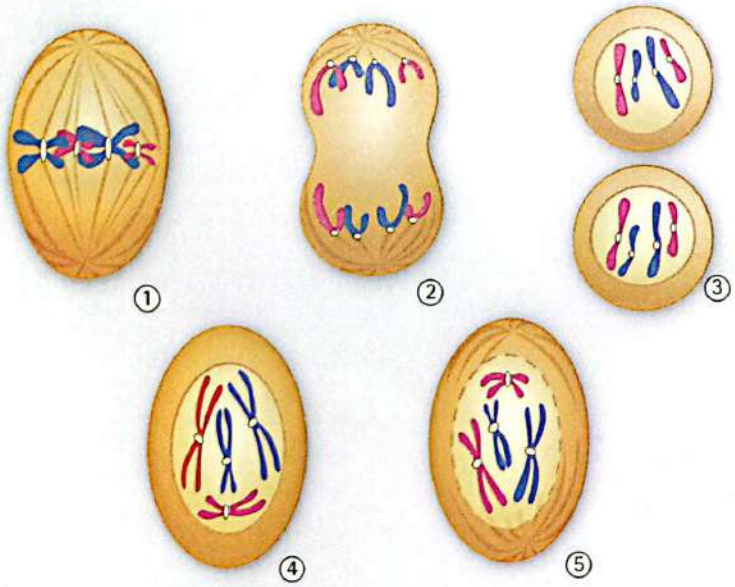
A. 23 pares de homólogos. ☐

B. 46 pares de homólogos. ☐

C. 23 cromossomas isolados. ☐

D. 46 cromossomas isolados. ☐

10. A figura 68 representa algumas células em divisão.



68.

Digitalizada com CamScanner

10.1. Selecciona a opção correcta.

A. A figura 68 representa algumas fases da mitose em células vegetais. ☐

B. O esquema 2 representa a metafase. ☐

C. A quantidade de DNA durante todo o processo não é a mesma. ☐

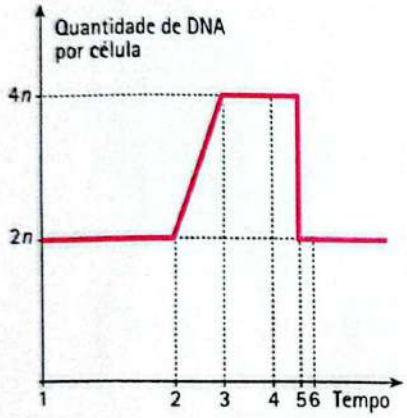
D. Os esquemas 4 e 5 representam células vegetais em interfase. ☐

10.2. A sequência correcta em que as fases representadas ocorrem é (selecciona a opção correcta):

A. 3, 2, 1, 5, 4 ☐ C. 4, 5, 1, 2, 3 ☐

B. 1, 2, 3, 5, 4 ☐ D. 1, 2, 3, 4, 5 ☐

11. O gráfico da figura 69 representa a alteração da quantidade de DNA numa célula, durante um ciclo celular. Selecciona a opção correcta para cada uma das frases seguintes.



69.

11.1. A fase mitótica está representada pelo intervalo:

A. 1 a 2 ☐ C. 1 a 3 ☐

B. 2 a 4 ☐ D. 4 a 6 ☐

11.2. O período S ocorre no intervalo:

A. 1 a 2 ☐ C. 3 a 4 ☐

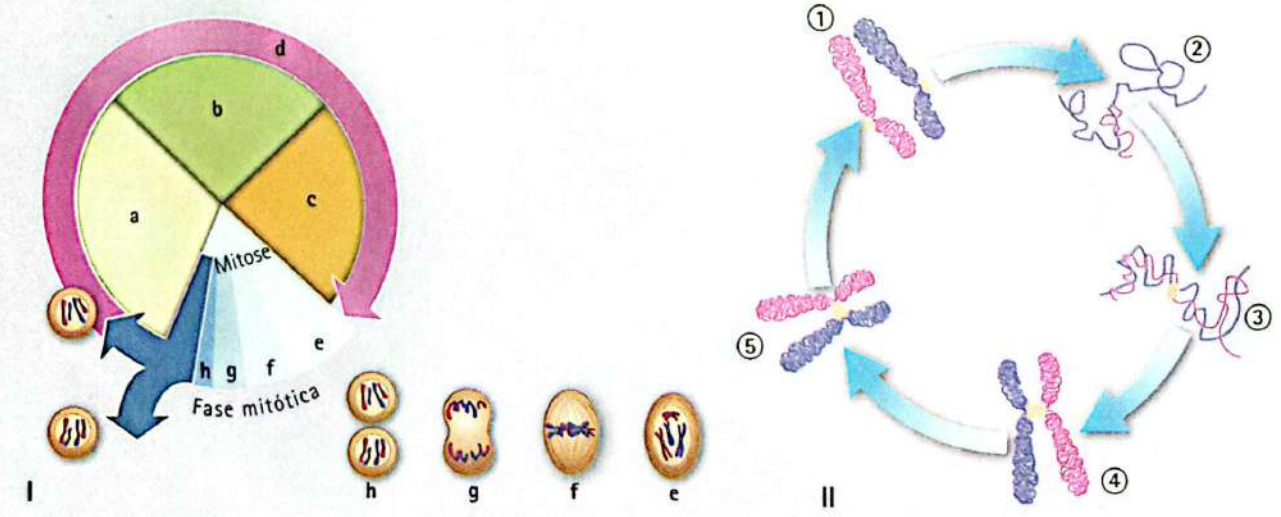
B. 2 a 3 ☐ D. 4 a 6 ☐

11.3. A interfase ocorre no intervalo:

A. 1 a 2 ☐ C. 1 a 4 ☐

B. 1 a 3 ☐ D. 4 a 6 ☐

12. No esquema I da figura 70 estão representadas as principais etapas de um ciclo celular e no esquema II as alterações que vão ocorrendo ao nível de um dos cromossomas.



70.

Digitalizada com CamScanner

12.1. Faz a legenda do esquema I, atribuindo às letras o respectivo significado.

12.2. Relaciona cada número do esquema II com a letra do esquema I que lhe corresponde.

12.3. Selecciona as letras do esquema I que representam:

12.3.1. o período da interfase em que cada cromossoma possui dois cromatídios;

12.3.2. o período da mitose em que os cromossomas se encontram na placa equatorial;

12.3.3. o período da mitose em que se dá o encurtamento das fibras do fuso acromático;

12.3.4. o período da interfase em que os centríolos se encontram duplicados.

13. Estabelece a correspondência entre as afirmações da coluna I e os termos da coluna II.

COLUNA I	COLUNA II
1. Contribui para a diversidade dos indivíduos de uma espécie.	**A.** Reprodução assexuada
2. Ocorrem apenas divisões mitóticas.	
3. Assegura a continuidade da vida na Terra.	**B.** Reprodução sexuada
4. É o processo mais eficiente para um aumento rápido da população.	
5. Contribui para a estabilidade genética dos indivíduos de uma espécie.	**C.** Ambos os processos
6. Assegura a sobrevivência do progenitor.	
7. Ocorrem os processos de meiose e de fecundação.	**D.** Nenhum dos processos

14. Selecciona a opção correcta.

No processo da meiose ocorrem combinações genéticas em consequência de:

A. duplicação cromossómica. ☐

B. *crossing-over*. ☐

C. separação dos cromossomas homólogos de origem materna e de origem paterna. ☐

D. existência de um número reduzido de cromossomas. ☐

15. Indica se são verdadeiras (V) ou falsas (F) as seguintes afirmações.

A. Não há centríolos nas células animais. ☐

B. Não se forma fuso acromático nas células vegetais. ☐

Digitalizada com CamScanner

C. A citocinese processa-se pelo aparecimento da lamela média nas células vegetais. ☐

D. Não há centríolos nas células vegetais. ☐

E. Não se forma fuso acromático nas células animais. ☐

F. A citocinese processa-se por estrangulamento nas células animais. ☐

G. Nas células animais, os organelos distribuem-se uniformemente pelas células-filhas. ☐

16. Lê com atenção as afirmações seguintes.

I. Os cromossomas, cada um constituído por dois cromatídios unidos pelo centrómero, migram para os pólos da célula.

II. Os cromatídios irmãos separam-se.

III. Os cromatídios de cromossomas homólogos trocam entre si fragmentos de material genético.

16.1. Podemos dizer que as afirmações anteriores se referem, respectivamente, às seguintes etapas da mitose ou da meiose (selecciona a opção correcta):

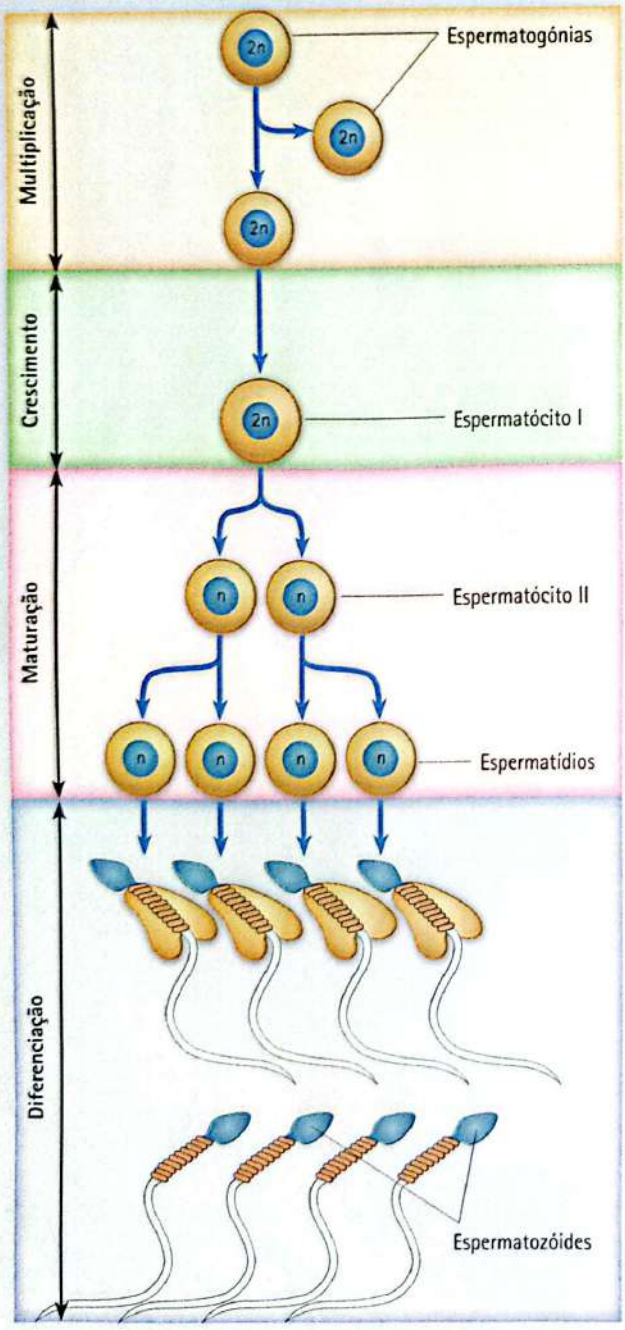
A. anafase I, anafase II, profase II. ☐

B. anafase II, anafase, metafase I. ☐

C. anafase, telofase, profase I. ☐

D. anafase I, anafase II, profase I. ☐

E. anafase I, telofase, profase II. ☐



71.

17. Observa a figura 71, que representa a espermatogénese.

É nos testículos do homem que ocorre, de modo contínuo, a produção de espermatozóides.

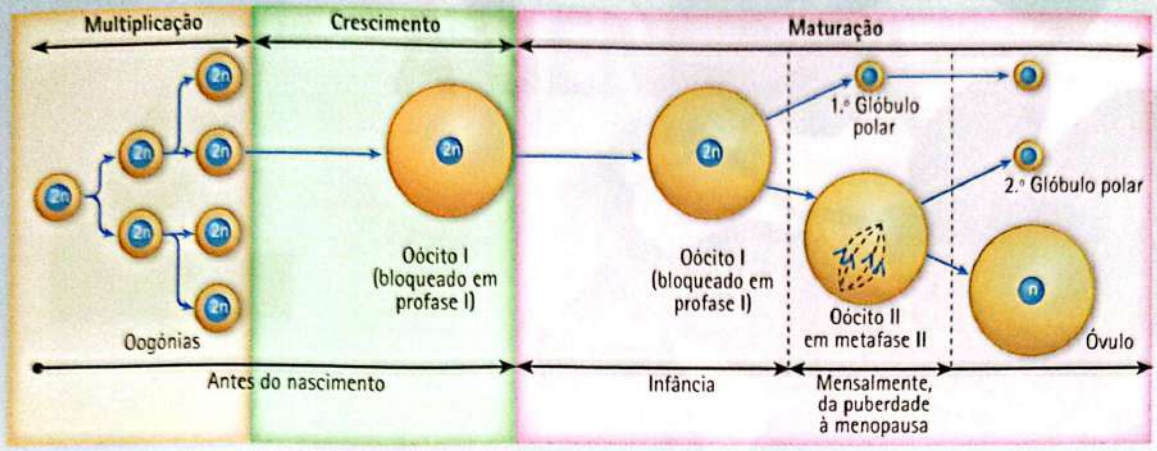
17.1. Refere o nome do processo celular que permite a multiplicação de espermatogónias.

17.2. Relativamente ao número de cromossomas, em que difere um espermatócito II de um espermatídio?

17.3. Em que fase da vida do rapaz se dá o início da espermatogénese?

Digitalizada com CamScanner

18. A figura 72 representa a ovogénese, que decorre nos ovários da mulher.



72.

18.1. Cita as várias etapas da ovogénese.

18.2. Identifica as etapas que ocorrem no ovário do embrião feminino.

18.3. Como se designam as células que se formam em cada ciclo ovárico, desde a puberdade até à menopausa?

18.3.1. Em que fase da ovogénese ocorre a formação dessas células?

18.4. Em que processo biológico o oócito II completa a meiose?

19. Compara os processos de ovogénese e de espermatogénese relativamente:

19.1. ao ritmo de desenvolvimento.

19.2. à duração.

Digitalizada com CamScanner

Ervilheira da espécie *Pisum sativum*.

Digitalizada com CamScanner

2 INTRODUÇÃO À GENÉTICA

1.
INTRODUÇÃO À GENÉTICA

2.
A VIDA E AS EXPERIÊNCIAS DE MENDEL

3.
AS LEIS DE MENDEL

4.
HEREDITARIEDADE HUMANA

5.
HEREDITARIEDADE HUMANA LIGADA AO SEXO

6.
MUTAÇÕES

Digitalizada com CamScanner

2 INTRODUÇÃO À GENÉTICA

1. Introdução à genética

DESCOBRE

- Em que consiste a hereditariedade?
- Quem foi Gregor Mendel?
- Que conclusão importante retirou Mendel do seu trabalho?

A **Genética** é a ciência que estuda a **hereditariedade**, isto é, a transmissão da informação biológica de pais para filhos, de uma geração para a geração seguinte.

Antes de os mecanismos da hereditariedade serem conhecidos, o ser humano já tinha notado a semelhança normalmente existente entre filhos e pais, tendo desde muito cedo começado a utilizar **empiricamente** estes conhecimentos, criando mecanismos para domesticação de plantas e animais, em seu benefício (fig. 1).

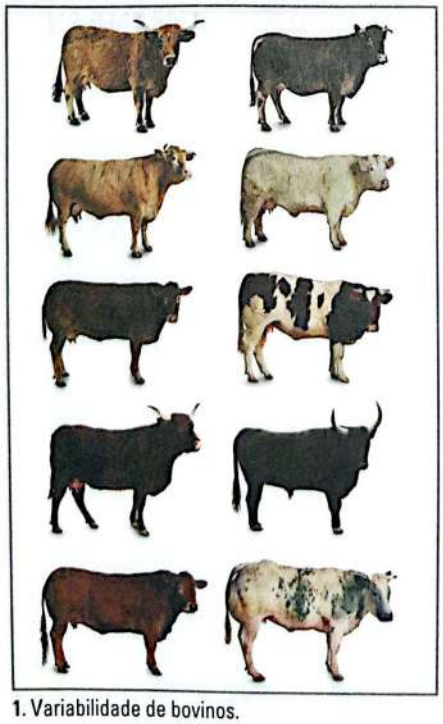
Por exemplo, os criadores de gado escolhem os animais que apresentam indícios de características vantajosas, como o tamanho e a cor do pêlo ou uma boa produção de leite, para realizar cruzamentos entre eles, de que resultam descendentes com características semelhantes ou até melhores.

Os agricultores lançam à terra as melhores e maiores sementes, porque sabem que da sua germinação resultarão melhores plantas que proporcionarão boas colheitas (fig. 2).

VOCABULÁRIO

Empírico: baseado na experiência vulgar ou imediata.

Hereditariedade: conjunto de processos biológicos que asseguram que cada ser vivo recebe as informações genéticas dos ascendentes através da reprodução sexuada.



1. Variabilidade de bovinos.

2. Diversidade de sementes.

Contudo, as bases para a compreensão, numa perspectiva científica, dos mecanismos da hereditariedade só foram descobertas no final do século XIX, com os trabalhos de investigação de Gregor Mendel.

Digitalizada com CamScanner

2. A vida e as experiências de Mendel

Gregor Mendel (1822-1884) (fig. 3) nasceu na Morávia, região que na altura fazia parte do Império Austro-Húngaro, actual República Checa.

Originário de uma família de camponeses, frequentou uma escola onde apenas se ensinava a ler e a escrever e alguns **rudimentos** de aritmética, história, geografia e história natural.

Como era um aluno brilhante, foi mandado aos 11 anos para uma escola mais adiantada. Quando tinha 21 anos, entrou para um mosteiro em Brunn, na Morávia, e prosseguiu os seus estudos, sem, contudo, chegar a obter um diploma universitário.

Foi professor de Matemática, Física e Ciências Naturais na Escola Superior de Brunn, onde leccionou com sucesso entre 1843 e 1854.

No seu mosteiro, Mendel tratava de um pequeno jardim onde fazia experiências de cruzamentos entre várias plantas, utilizando especialmente as ervilheiras (*Pisum sativum*).

Em sua memória, parte do mosteiro onde Mendel trabalhou está transformado em museu e no seu jardim estão plantadas begónias de flores vermelhas e de flores brancas, representando as experiências que realizava com as ervilheiras (fig. 4).

Com base nos resultados do seu trabalho, Mendel propôs que a existência de características como a cor da flor é devida à presença de um par de unidades elementares a que chamou **factores**. Naquele tempo não se conheciam nem o DNA nem os cromossomas, assim como a meiose e a gametogénese eram também desconhecidas.

A existência dos factores era, assim, uma ideia muito avançada para a época.

Em 1865, Mendel publicou um resumo do seu trabalho, onde formulava os princípios básicos que regulam a transmissão das características hereditárias.

Mas as tarefas administrativas que desempenhava no mosteiro, onde chegou a ser **abade**, não lhe permitiram, no entanto, continuar a investigar a ciência da hereditariedade.

Apesar das suas ideias inovadoras, Mendel foi ignorado pelos biólogos da época e morreu sem saber o quanto o seu trabalho era valioso.

A sua investigação foi ignorada durante mais de trinta anos.

DESCOBRE

- Porque não tiveram sucesso, naquela época, as conclusões obtidas por Mendel?
- Porque se diz que Mendel é o pai da Genética?

3. Gregor Mendel.

4. Pormenor de um jardim do mosteiro de Brunn.

VOCABULÁRIO

Rudimentos: noções gerais, com pouco desenvolvimento.

Factor: aquele que faz alguma coisa; elemento que concorre para um determinado resultado.

Abade: religioso que dirige um convento.

Digitalizada com CamScanner

Em 1900, três botânicos – Hugo de Vries, Correns e Tschermak –, quando procuravam, na literatura, trabalhos relacionados com as investigações que realizavam, descobriram a investigação de Mendel e citaram-no nas suas publicações.

Cada um destes botânicos obteve, independentemente, resultados que confirmaram os resultados obtidos por Mendel e que serviram de base para a ciência da genética moderna.

Gregor Mendel plantou, assim, as sementes que deram origem a esta ciência, sendo, por isso, considerado o pai da genética.

2.1. As experiências de Mendel

Mendel não foi o primeiro a investigar a hereditariedade. Antes dele, outros investigadores tinham realizado estudos semelhantes aos seus, sem, no entanto, obterem resultados dos quais pudessem tirar quaisquer conclusões.

O seu sucesso deve-se a duas razões fundamentais:

– escolha do material adequado ao trabalho;

– **metodologia** científica utilizada.

O material de trabalho escolhido, a ervilheira da espécie *Pisum sativum* (fig. 5), é uma planta anual que reúne condições propícias para o estudo da genética:

– cultiva-se facilmente e tem um período de crescimento curto, permitindo várias gerações em pouco tempo. Pode obter-se rapidamente uma descendência abundante;

– apresenta características bem definidas e contrastantes;

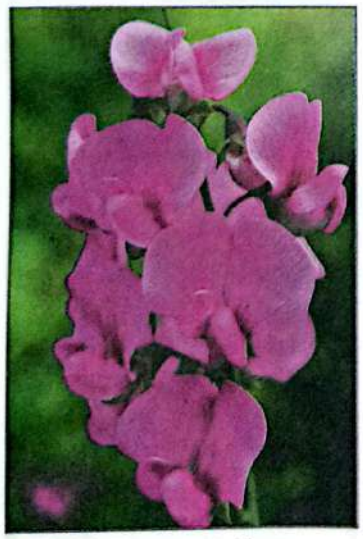
– as flores são hermafroditas e permitem, normalmente, polinização directa. A fecundação artificial (polinização cruzada) é fácil de efectuar (fig. 6).

VOCABULÁRIO

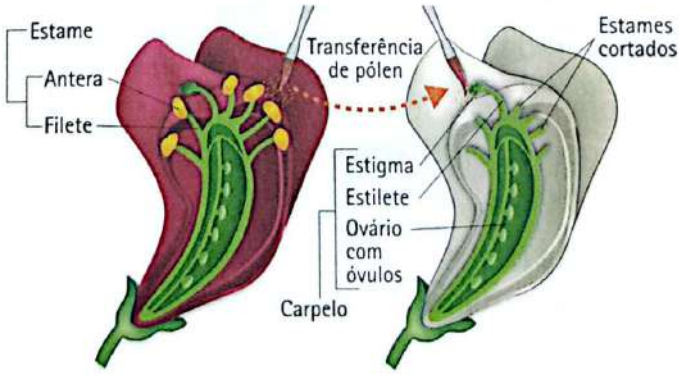
Contrastantes: que se distinguem com facilidade.

Flor hermafrodita: flor que possui estames e carpelos.

Metodologia: conjunto de regras ou princípios utilizados numa pesquisa ou no ensino de uma ciência.

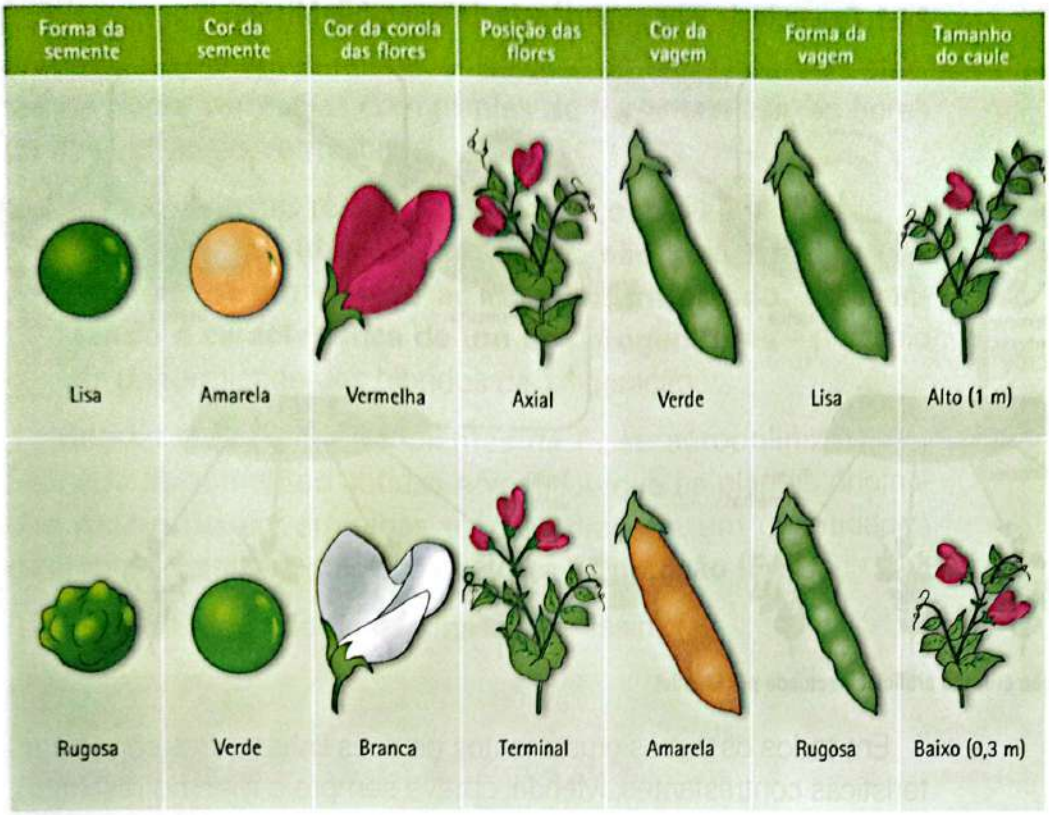


5. Ervilheira da espécie *Pisum sativum*.



6. Esquema da polinização cruzada em *Pisum sativum*.

Digitalizada com CamScanner



7. Representação das características das ervilheiras escolhidas por Mendel.

A metodologia utilizada por Mendel foi a seguinte:

- estudou uma característica de cada vez;
- utilizou progenitores de linhas puras, isto é, plantas que por autofecundação originam somente plantas iguais a si próprias. Testou estas plantas, **previamente**, durante dois anos, para ter a certeza de que eram linhas puras;
- para ter um bom número de dados, fez muitos cruzamentos idênticos, e associou todos os resultados, como se as várias descendências fossem originadas pelos mesmos progenitores;
- aplicou as leis de estatística aos resultados numéricos que obteve nos seus cruzamentos.

VOCABULÁRIO

Previamente: anteriormente.

2.2. Mono-hibridismo

Mendel iniciou o seu trabalho realizando experiências de **mono-hibridismo**, isto é, cruzou entre si indivíduos de linhas puras que apresentavam uma dada característica contrastante.

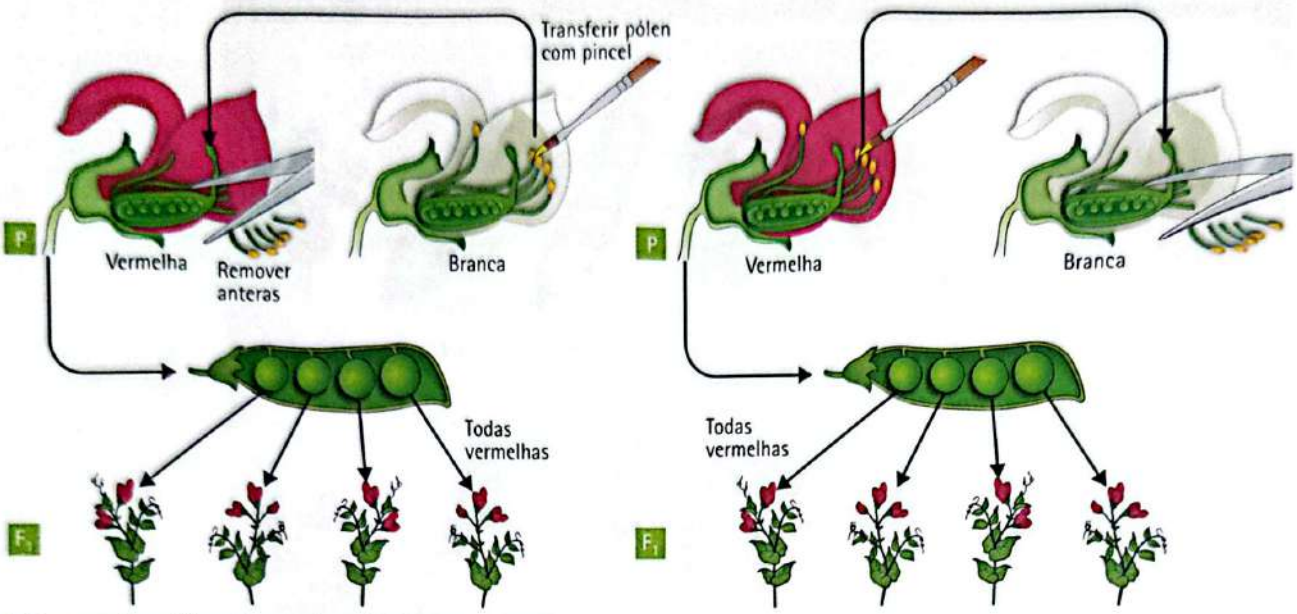
Efectuou polinização cruzada artificial, isto é, cortou os estames de flores ainda imaturas da planta utilizada como progenitor feminino e polvilhou os seus estigmas com pólen proveniente de anteras das flores da outra planta utilizada como progenitor masculino (fig. 8).

DESCOBRE

- **O que significa cruzamento mono-híbrido?**
- **Que princípios retirou Mendel da análise dos resultados obtidos?**

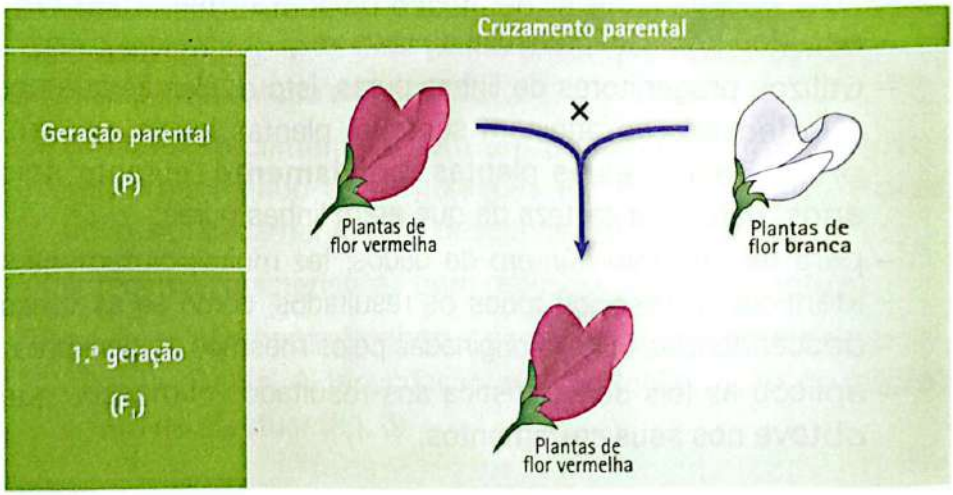
Digitalizada com CamScanner

2.2.1. Exemplo de uma experiência de mono-hibridismo



8. Esquema da polinização cruzada artificial efectuada por Mendel.

Em todos os outros cruzamentos de duas linhas puras com características contrastantes, Mendel obteve sempre o mesmo resultado: a **primeira geração (F_1)** ou **híbridos da 1.ª geração** era constituída por indivíduos semelhantes entre si que apresentavam apenas a característica de um dos progenitores. No cruzamento esquematizado na figura 9, por exemplo, as flores da F_1 eram todas vermelhas.



9. Quadro-resumo dos resultados experimentais de Mendel.

Mendel realizou também **cruzamentos recíprocos**, isto é, utilizou como progenitor masculino o progenitor feminino do primeiro cruzamento e, como progenitor feminino, utilizou o progenitor masculino.

Assim, se o progenitor feminino tinha, por exemplo, a característica flores vermelhas e o progenitor masculino a característica contrastante, flores brancas, Mendel cruzou também progenitores femininos de flores brancas com progenitores masculinos de flores vermelhas.

VOCABULÁRIO

Híbrido: descendente de um cruzamento entre progenitores com genótipos diferentes.

Digitalizada com CamScanner

O resultado do cruzamento recíproco era sempre igual ao do primeiro cruzamento efectuado. No caso do cruzamento de plantas de flores vermelhas com plantas de flores brancas, as flores da F_1 eram todas vermelhas.

Da análise destes resultados, Mendel concluiu o seguinte:

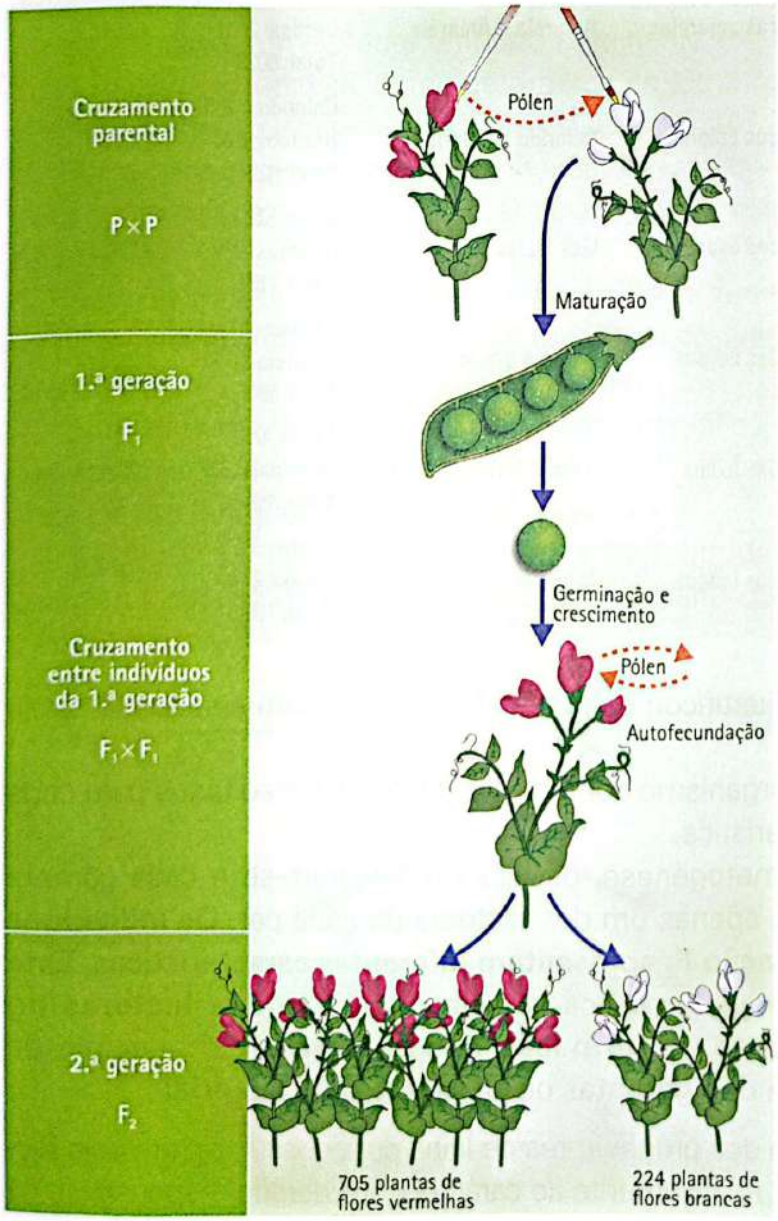
– **Todos os híbridos da geração F_1 são semelhantes uns aos outros em relação ao carácter em estudo, apresentando a característica de um dos progenitores** – princípio da uniformidade dos híbridos da 1.ª geração.

VOCABULÁRIO

Carácter: marca; sinal distintivo; aspecto.

Mendel deixou que as plantas da F_1 se autopolinizassem. Semeou as sementes obtidas e verificou que as plantas originadas deram flores vermelhas e flores brancas, em quantidades diferentes. Estas plantas constituem a **2.ª geração (F_2)**.

O cruzamento pode esquematizar-se assim:



10. Quadro-resumo dos resultados experimentais de Mendel.

Digitalizada com CamScanner

Analisando estes resultados, Mendel verificou o seguinte:

- Na 2.ª geração surgiam ambas as características em estudo, sendo a razão entre as plantas com flores vermelhas e as plantas com flores brancas de 3 para 1 (3:1), isto é, existiam três plantas de flores vermelhas para cada planta de flores brancas.

Mendel efectuou outras experiências de mono-hibridismo envolvendo diversos tipos de características. Em todos os casos obteve os mesmos resultados (Tabela I).

Tabela I

GERAÇÃO P CRUZAMENTO PARENTAL	GERAÇÃO F1	CRUZAMENTO ENTRE PLANTAS DE F1 (AUTOFECUNDAÇÃO)	GERAÇÃO F2	RELAÇÕES REAIS
1. Semente lisa X Semente rugosa	Todas lisas	Lisa X Lisa	Lisas: 5474 Rugosas: 1850 Total: 7324	2,96 : 1
2. Semente amarela X Semente verde	Todas amarelas	Amarela X Amarela	Amarelas: 6022 Verdes: 2001 Total: 8023	3,01 : 1
3. Tegumento colorido X Tegumento branco	Todos coloridos	Colorido X Colorido	Coloridos: 705 Brancos: 224 Total: 929	3,15 : 1
4. Vagem lisa X Vagem rugosa	Todas lisas	Lisa X Lisa	Lisas: 822 Rugosas: 299 Total: 1181	2,95 : 1
5. Vagem verde X Vagem amarela	Todas verdes	Verde X Verde	Verdes: 428 Amarelas: 152 Total: 580	2,82 : 1
6. Flor axial X Flor terminal	Todas axiais	Axial X Axial	Axiais: 651 Terminais: 207 Total: 858	3,14 : 1
7. Caule longo X Caule curto	Todos longos	Longo X Longo	Longos: 787 Curtos: 277 Total: 1064	2,84 : 1

Mendel justificou os resultados obtidos com a seguinte explicação:

- Cada organismo contém dois factores hereditários para cada característica.
- Na gametogénese, os factores separam-se e cada gâmeta recebe apenas um dos factores de cada par. **Os indivíduos da geração F_2 apresentam diferentes características. Esta diferença é explicada pela disjunção dos factores no momento da formação dos gâmetas.** É o princípio da **pureza dos gâmetas** ou da **segregação factorial**.

VOCABULÁRIO
Disjunção: separação.

Cada um dos progenitores de linha pura possui, assim, dois factores iguais relativamente ao carácter considerado responsável, na experiência efectuada, pela cor das flores, vermelha ou branca.

Digitalizada com CamScanner

Os indivíduos da geração F_1 resultam da união de dois gâmetas, cada um deles transportando um factor contrastante, um para a cor vermelha e outro para a cor branca. Possuem, deste modo, dois factores diferentes relativamente ao carácter em estudo.

Como os dois factores se encontram juntos, mas só um deles (neste caso, a cor vermelha) se manifesta, chama-se a este factor o **factor dominante**.

O factor para a cor branca que não se manifesta na F_1, quando o dominante está presente, chama-se **factor recessivo**. O factor recessivo só se manifesta nos indivíduos de linha pura.

2.2.2. Cruzamento-teste

Os indivíduos da F_2 podem possuir três genótipos diferentes: homozigótico dominante, homozigótico recessivo ou heterozigótico.

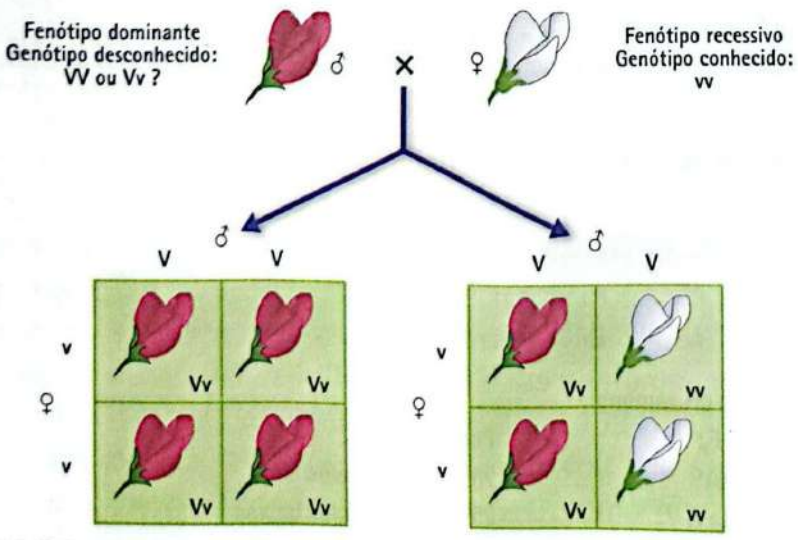
Se o indivíduo manifesta fenótipo dominante relativamente a uma dada característica, como determinar se ele é homozigótico ou heterozigótico em relação a essa característica?

Por exemplo, no caso das ervilheiras, as vagens podem ser de cor verde (carácter dominante) ou de cor amarela (carácter recessivo).

É possível descobrir o genótipo da ervilheira que manifesta o carácter dominante através de um **cruzamento-teste** ou **retrocruzamento**.

O cruzamento-teste é um cruzamento específico que se realiza entre um dos indivíduos da F_2 que possui o fenótipo dominante e um indivíduo homozigótico recessivo.

Há duas possibilidades de cruzamento, cuja descendência podemos prever utilizando o xadrez mendeliano que se representa na figura 11.



11. Xadrez mendeliano relativo as cruzamentos-teste.

VOCABULÁRIO

Genótipo: constituição hereditária de um organismo formada por todos os genes existentes nas suas células.

Fenótipo: características observáveis de um organismo que resultam da interacção entre o genótipo e o ambiente.

Legenda:
♂ – Flor masculina
♀ – Flor feminina

Digitalizada com CamScanner

VOCABULÁRIO

Manifestar: revelar, dar a conhecer.

Quadrado de Punnett: diagrama que permite determinar as proporções previstas dos genótipos da descendência a partir dos genótipos dos progenitores.

2.2.2.1. Conclusão

Se todos os indivíduos que resultam do cruzamento-teste manifestam o fenótipo dominante, o progenitor cujo genótipo se quer determinar é homozigótico.

Se 50% dos indivíduos apresentam fenótipo dominante e 50% apresentam o fenótipo recessivo, o progenitor cujo genótipo se quer determinar é heterozigótico.

PROBLEMA DE MONO-HIBRIDISMO RESOLVIDO

1. Na ervilheira, o carácter para caule alto é dominante sobre o carácter para caule baixo.

1.1. Do cruzamento de uma planta alta, homozigótica, com uma planta baixa, que fenótipos e genótipos podemos esperar na descendência F_1?

1.2. Do cruzamento entre si dos indivíduos F_1, que proporção de fenótipos e genótipos é esperada?

Resolução:

1.1.

– Utilizando o símbolo **A** para caule alto e o símbolo **a** para caule baixo, podemos determinar o genótipo dos progenitores – AA e aa (a planta de caule baixo só pode ser homozigótica recessiva).

– Os gâmetas serão: **A, a, a, a.**

– Podemos agora indicar o cruzamento e fazer o quadrado de Punnett.

Progenitores (P): alto x baixo

Genótipo: AA aa

Gâmetas (G): A, A a, a

F_1:

	A	A
a	Aa	Aa
a	Aa	Aa

Resultado do cruzamento:

Genótipo da F_1: 100% heterozigóticos Aa **Fenótipo da F_1:** 100% de plantas de caule alto

1.2.

– Cruzamento da F_1 x F_1

F_2:

	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

Resultado do cruzamento:

Genótipo da F_2:
25% (1/4) – AA
50% (2/4) – Aa
25% (1/4) – aa

Fenótipo da F_2:
75% (3/4) – caules altos
25% (1/4) – caules baixos

Digitalizada com CamScanner

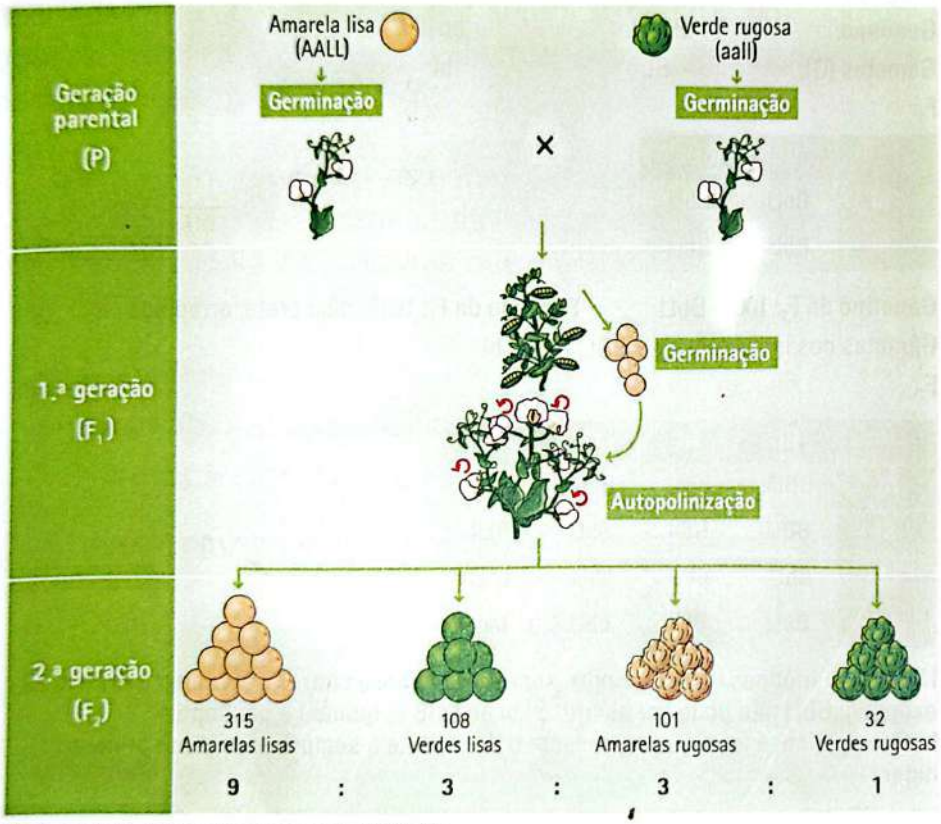
2.3. Di-hibridismo

DESCOBRE

- O que é di-hibridismo?
- Que princípio retirou Mendel das experiências de di-hibridismo?

Mendel realizou também experiências de di-hibridismo, isto é, cruzou progenitores de linhas puras que diferiam em duas características (cruzamentos di-híbridos) e analisou os descendentes.

Começou por cruzar duas linhagens parentais puras, uma com sementes amarelas e rugosas e a outra com sementes verdes e lisas. Ele sabia que as características dominantes eram amarela e lisa. Os descendentes deste cruzamento, a geração F_1, tinham todos sementes amarelas e lisas (di-híbridos). Este resultado estava de acordo com os obtidos nos cruzamentos mono-híbridos. Mas quando a geração F_1 di-híbrida se autofecundava para obter a geração F_2, obtinham-se quatro combinações diferentes, nas seguintes proporções:



12. Resultado obtido num cruzamento di-híbrido.

Esta proporção de 9:3:3:1 era diferente da esperada e mais complexa do que a proporção obtida nos cruzamentos mono-híbridos. Mendel teve então a ideia de analisar estes resultados independentemente, isto é, considerando uma característica de cada vez.

Assim, as sementes amarelas eram 416 (315 + 101); as sementes verdes eram 140 (108 + 32); as sementes lisas eram 423 (315 + 108); as sementes rugosas eram 133 (101 + 32).

A partir destes resultados, Mendel verificou que a proporção de cada característica se mantinha 3:1, como nos casos de mono-hibridismo.

Digitalizada com CamScanner

Destes resultados Mendel concluiu o seguinte:

- **Nos cruzamentos di-híbridos, a disjunção (segregação) faz-se de modo independente para os diferentes pares de factores** – princípio da **independência dos caracteres**.

PROBLEMA DE DI-HIBRIDISMO RESOLVIDO

1. Em cobaias, a pelagem pode ser arrepiada (L) ou lisa (l).
A cor negra do pêlo (B) é dominante sobre a cor branca (b).

1.1. Se cruzarmos um animal de raça pura preto e arrepiado com um de cor branca e liso, qual será o genótipo e o fenótipo da descendência da F_1 e da F_2?

Resolução:

Se: pêlo preto – B; pêlo branco – b; pêlo arrepiado – L; pêlo liso – l, o genótipo dos progenitores será: BBLL e bbll

Progenitores (P): preto, arrepiado x branco, liso

Genótipo: BB LL bb ll

Gâmetas (G): BL bl

F_1:

	BL	BL
bl	BbLl	BbLl
bl	BbLl	BbLl

Genótipo da F_1: 100% BbLl **Fenótipo da F_1:** 100% pêlo preto, arrepiado

Gâmetas dos indivíduos da F_1: BL, Bl, bL, bl

F_2:

	BL	Bl	bL	bl
BL	BBLL	BBLl	BbLL	BbLl
Bl	BBLl	BBll	BbLl	Bbll
bL	BbLL	BbLl	bbLL	bbLl
bl	BbLl	Bbll	bbLl	bbll

Nota: Os genótipos devem sempre ser escritos com as letras pela mesma ordem. Por exemplo: BbLl não pode ser escrito BLbl ou LblB e, quando o genótipo é heterozigótico, a letra que representa o dominante é sempre escrita em primeiro lugar.

Resultados:

GENÓTIPOS DA F_2	FENÓTIPOS DA F_2
BBLL – 1/16 BBLl – 2/16 BbLL – 2/16 BbLl – 4/16	9 cobaias de pêlo preto, arrepiado
BBll – 1/16 Bbll – 2/16	3 cobaias de pêlo preto, liso
bbLL – 1/16 bbLl – 2/16	3 cobaias de pêlo branco, arrepiado
bbll – 1/16	1 cobaia de pêlo branco, liso

A proporção obtida foi 9:3:3:1.

Digitalizada com CamScanner

2.4. Dominância incompleta e codominância

Ao fazer cruzamentos com outras plantas, Mendel encontrou resultados que não se ajustavam aos obtidos com as ervilheiras.

Por exemplo, utilizando plantas chamadas vulgarmente boas-noites, ele verificou que a F_1 obtida do cruzamento de plantas de linhagem pura, uma com flores vermelhas e outra com flores brancas, era toda de plantas que produziam flores cor-de-rosa.

Neste caso, o alelo para a cor vermelha não se expressa totalmente sobre o alelo para a cor branca, surgindo um fenótipo intermédio cor-de-rosa, considerando-se, por isso, uma situação de **dominância incompleta**.

Os indivíduos heterozigóticos distinguem-se imediatamente dos indivíduos de linha pura, por serem diferentes dos homozigóticos, não sendo necessário efectuar o cruzamento-teste para descobrir o seu genótipo.

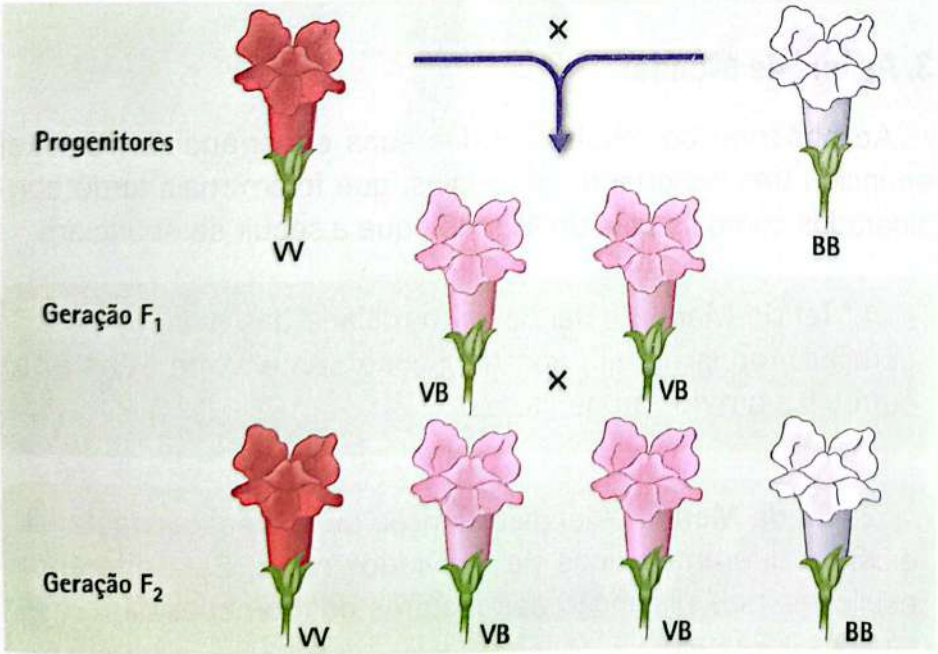
Nota – Para simbolizar os genes alelos nos casos de ausência de dominância utilizam-se as letras maiúsculas correspondentes às iniciais das palavras que identificam as características em estudo.

Por exemplo:

– informação para vermelho – **V**;

– informação para branco – **B**.

O heterozigótico terá o genótipo **VB** (fig. 13).



13. Resultados obtidos nos cruzamentos de plantas boas-noites.

DESCOBRE

- O que quer dizer codominância?
- Como é possível identificar o genótipo de um indivíduo heterozigótico?

VOCABULÁRIO

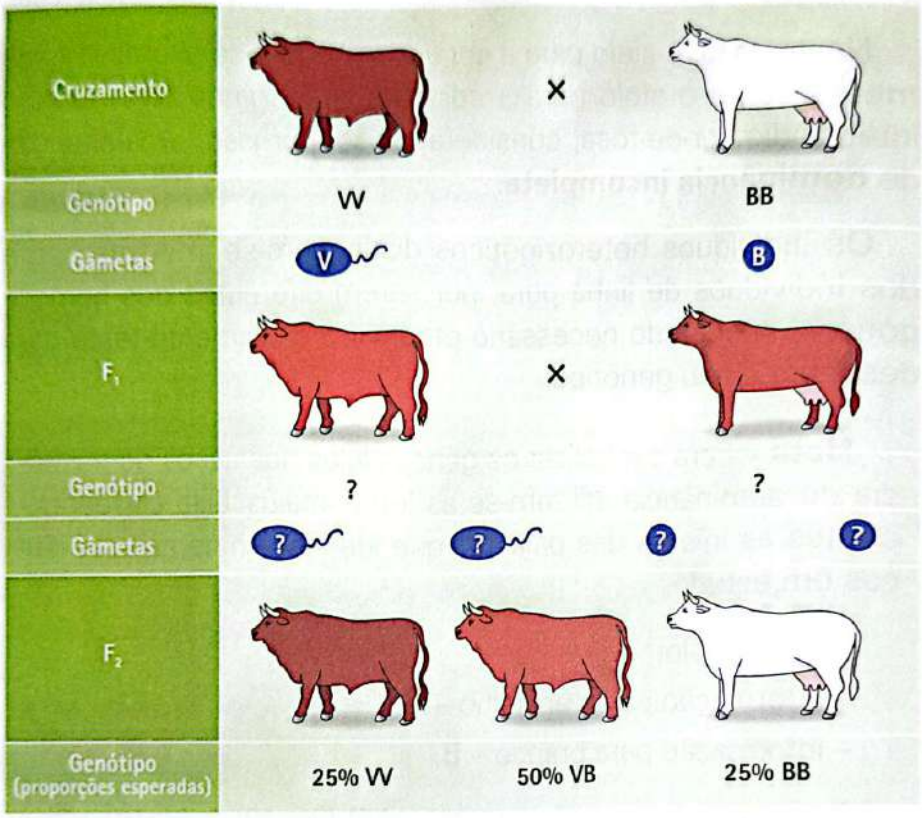
Alelo: forma alternativa de um gene. Refere-se a uma ou mais formas diferentes de um gene que podem ocorrer num determinado local (*locus*) de um par de cromossomas homólogos.

Homozigótico: indivíduo que possui nos seus cromossomas homólogos dois alelos idênticos, com a mesma localização (no mesmo *locus*).

Heterozigótico: indivíduo que possui nos seus cromossomas homólogos dois alelos diferentes, mas tendo a mesma localização (no mesmo *locus*).

Digitalizada com CamScanner

Numa experiência com gado bovino, fez-se um cruzamento entre touros vermelhos e vacas brancas. A geração F_1 apresentou uma mistura de pêlos vermelhos e pêlos brancos. A coloração resultante foi designada por ruão. Nesta situação, cada um dos alelos expressou-se de forma independente no fenótipo. Ambos os alelos têm igual peso na determinação do fenótipo. **É um caso de codominância.**



14. Resultados obtidos nos cruzamentos entre touros e vacas.

3. As leis de Mendel

Ao observar os resultados das suas experiências, Mendel enunciou três importantes princípios, que foram mais tarde considerados como as **Leis de Mendel**, que a seguir se enunciam.

1.ª lei de Mendel – lei da uniformidade dos híbridos da 1.ª geração: todos os híbridos da F_1 são semelhantes uns aos outros e a um dos progenitores.

2.ª lei de Mendel – lei da disjunção ou segregação factorial: existem diferentes tipos de indivíduos na F_1. Esta diferença explica-se pela disjunção dos factores no momento da formação dos gâmetas.

Digitalizada com CamScanner

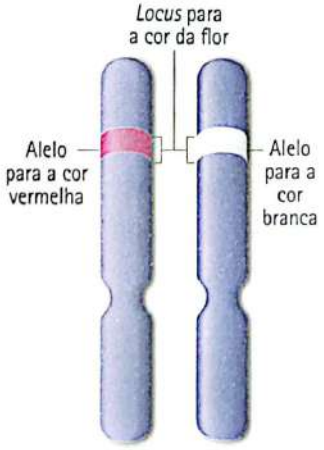
3.ª lei de Mendel – lei da independência dos caracteres: os fenótipos observados demonstram que a disjunção se faz de modo independente para os diferentes pares de factores.

Simbologia utilizada em genética

Como forma de simplificar a apresentação dos dados e dos resultados utilizam-se símbolos para representar os factores. Por convenção, o factor dominante representa-se pela letra inicial maiúscula do nome da característica e o factor recessivo pela mesma letra inicial, mas minúscula. Por exemplo, no cruzamento entre plantas com flores de cores diferentes utiliza-se V para referir o factor que condiciona flor vermelha e v para referir o factor que condiciona cor branca.

Os factores responsáveis pela transmissão das características hereditárias a que se referia Mendel são os **genes**.

As duas formas alternativas do gene para a mesma característica, como neste caso a cor das flores (V) e (v), chamam-se **genes alelos** e ocupam a mesma posição relativa (*locus*) em cromossomas homólogos (fig. 15).



15. Os alelos são formas alternativas de um gene.

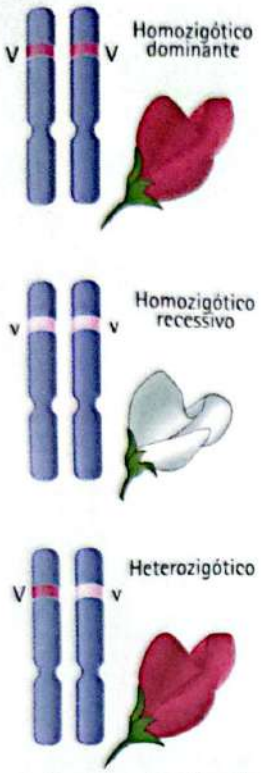
O genótipo dos progenitores de linhas puras para a característica cor das flores é assim constituído:

– VV nas plantas com flores de cor vermelha;

– vv nas plantas com flores de cor branca.

Os indivíduos que possuem apenas uma forma do gene para uma determinada característica (VV ou vv) são chamados **homozigóticos** para esse gene. São linhas puras.

Digitalizada com CamScanner



16. Genótipo e fenótipo dos indivíduos da F_1.

Os gâmetas destes indivíduos são todos idênticos, isto é, nas plantas VV os gâmetas são todos V. Nas plantas vv os gâmetas são todos v.

Os indivíduos que possuem as duas formas do gene (genótipo Vv) para uma determinada característica são chamados heterozigóticos. É o caso dos híbridos da F_1 do cruzamento de plantas de flores de cor vermelha com plantas de flores de cor branca. Os gâmetas dos indivíduos da F_1 podem ter o alelo V ou o alelo v.

O modo como o genótipo para uma dada característica se expressa chama-se **fenótipo**.

No caso das plantas utilizadas como exemplo, o genótipo dos indivíduos da geração F_1 é Vv. O fenótipo é a cor vermelha das flores (fig. 16).

3.1. Xadrez mendeliano

Na resolução de problemas de genética recorremos a um quadro conhecido por **quadro de cruzamento, quadrado de Punnett ou ainda xadrez mendeliano** (fig. 17).

Este quadro facilita a previsão dos diferentes genótipos e fenótipos resultantes dos diversos cruzamentos que se querem efectuar, como já viste nos problemas resolvidos anteriormente.

Num dos lados do quadrado escrevem-se os tipos possíveis de gâmetas que um dos progenitores pode formar e, no outro lado, os tipos possíveis de gâmetas do outro progenitor.

No interior vão aparecer todas as combinações possíveis entre os diferentes gâmetas. Podem desta maneira prever-se os genótipos e os fenótipos da descendência de um cruzamento e a probabilidade da sua ocorrência.

A figura 17 representa um quadro de Punnett relativo à forma da semente das ervilheiras.

Progenitor / Progenitor	AL	Ar	vL	vr
vr	Av Lr	Av rr	vv Lr	vv rr
vr	Av Lr	Av rr	vv Lr	vv rr

17. Quadrado de cruzamento, quadrado de Punnett ou xadrez mendeliano.

Digitalizada com CamScanner

ACTIVIDADE 1 – Interpretação dos resultados obtidos por Mendel

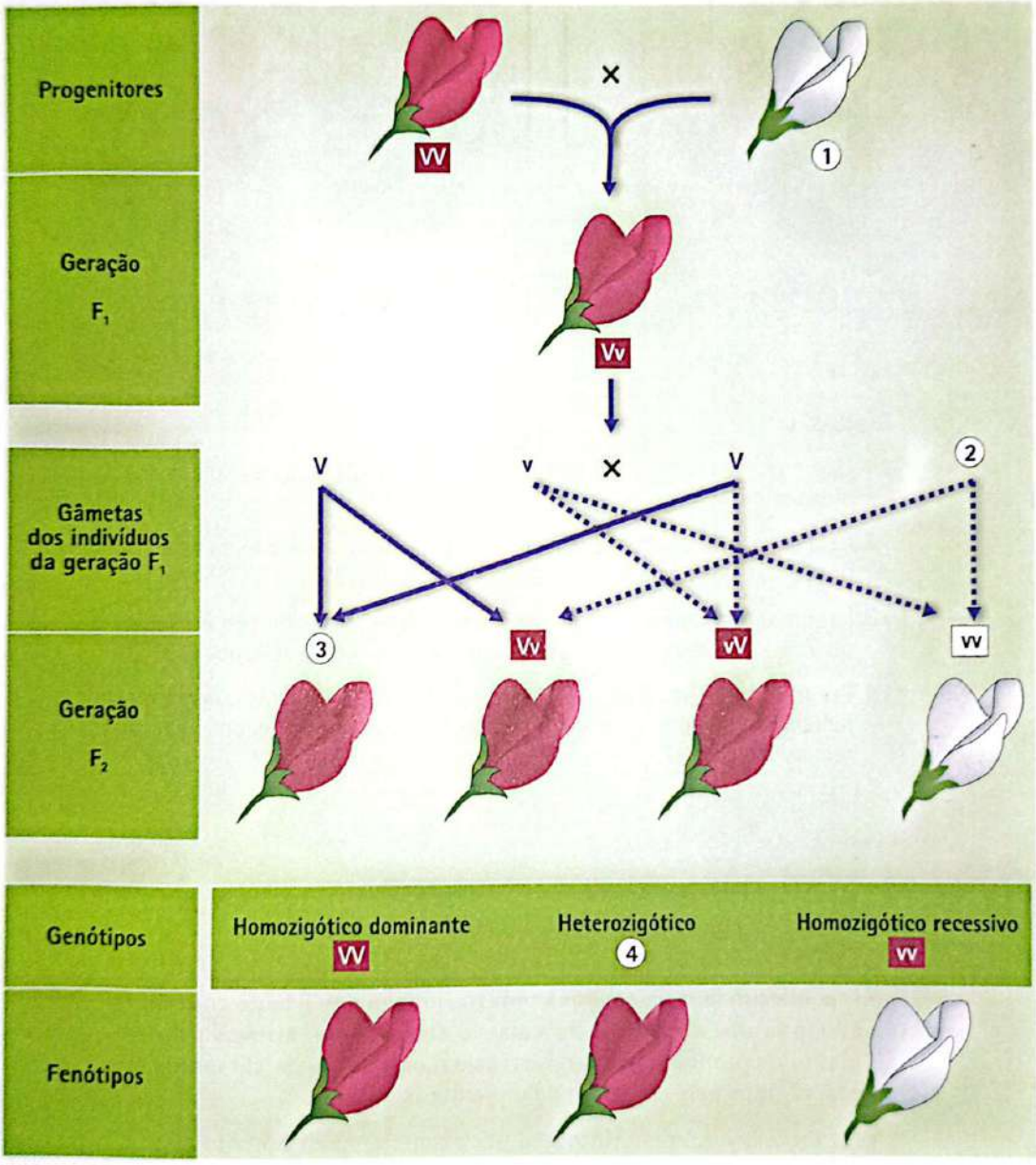
1. Observa atentamente o esquema da figura 18.

Discussão:

1.1. Substitui os números 1, 2, 3 e 4 pelas letras correspondentes aos factores que representam.

1.2. Qual é a razão do aparecimento de flores brancas na geração F_2?

1.3. Explica por que razão as plantas da F_2 que apresentam flores de cor vermelha não têm todas a mesma constituição genética.

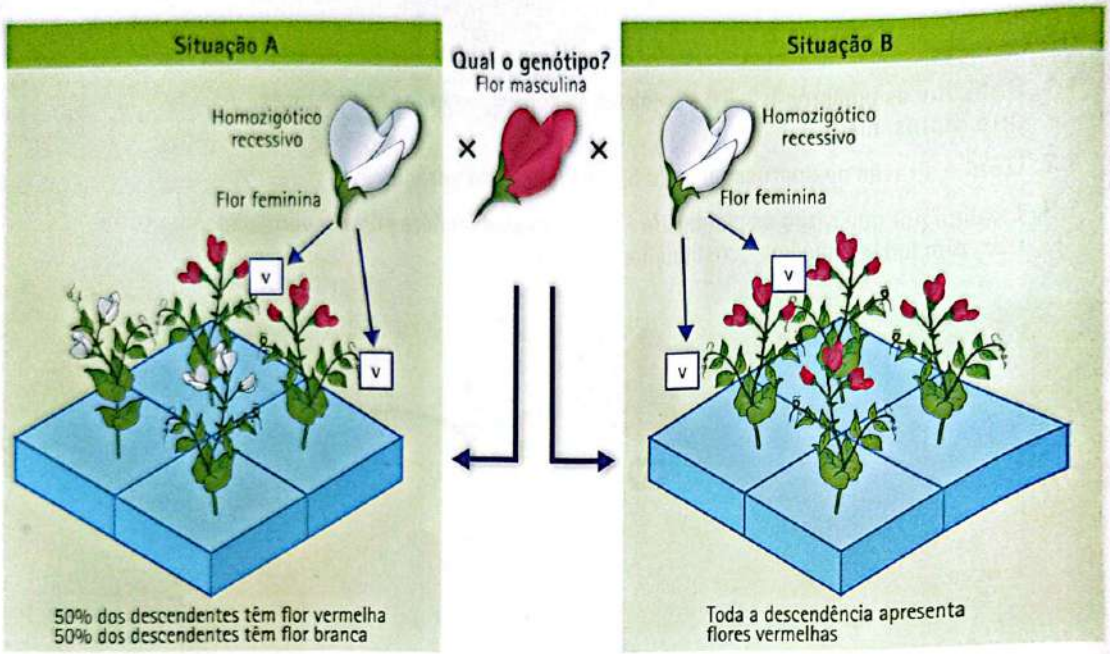


18.

Digitalizada com CamScanner

ACTIVIDADE 2 – Análise dos resultados de um cruzamento-teste

1. Observa atentamente o esquema da figura 19.



19.

Discussão:

1.1. Quais são os genótipos das flores que produzem gâmetas femininos nos dois cruzamentos?

1.2. Pela análise da descendência dos dois cruzamentos, determina os genótipos do progenitor masculino na situação A e na situação B.

1.3. Faz um xadrez mendeliano para a situação A e para a situação B e indica o genótipo dos descendentes obtidos em cada uma das situações.

1.4. Explica como é possível conhecer o genótipo dos indivíduos que manifestam o fenótipo dominante por meio do seu cruzamento com indivíduos homozigóticos recessivos.

SABER +

20.

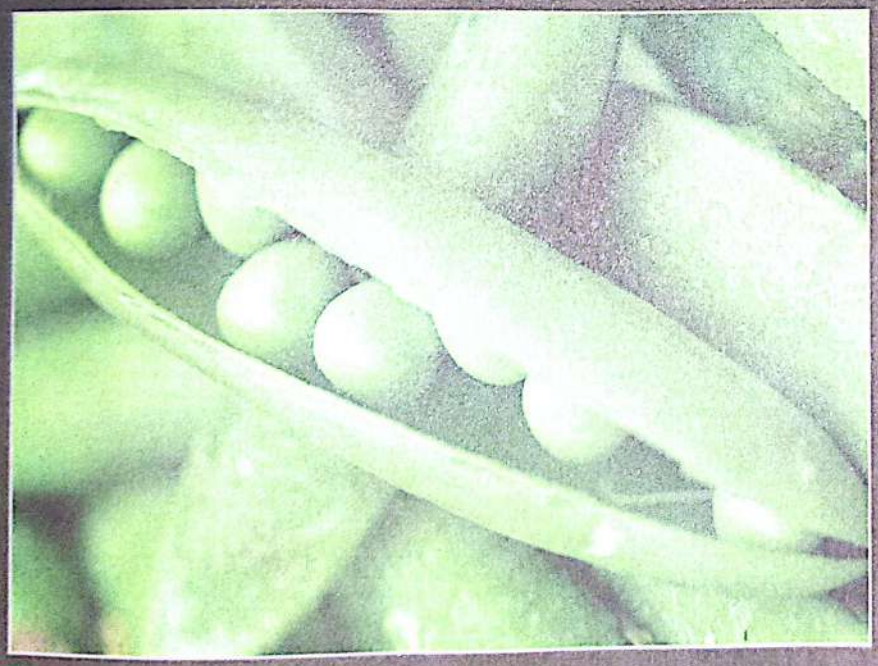
QUERES SABER MAIS?

- O conhecimento da genética tem trazido um importante contributo para a melhoria das condições de vida do ser humano, através do desenvolvimento de produtos com importância medicinal ou de alimentos transgénicos, obtidos pela aplicação da engenharia genética.
- Na medicina, são já utilizados, por exemplo, medicamentos como a insulina, que trata os doentes com diabetes, ou vacinas como a da hepatite B, ambas produzidas a partir de uma levedura geneticamente modificada.
- Nos produtos alimentares, pode-se obter o melhoramento das qualidades nutritivas ou o aumento do teor de vitaminas e aminoácidos em plantas transgénicas de milho, arroz, soja e outras.
- Indivíduos transgénicos são aqueles que foram alterados geneticamente pela introdução de um gene específico pertencente a outro ser vivo.

Digitalizada com CamScanner

SÍNTESE

- A hereditariedade é a transmissão da informação biológica de pais para filhos e de uma geração para a seguinte.
- As bases para a compreensão dos mecanismos da hereditariedade foram descobertas no final do século XIX por Gregor Mendel, um cientista que vivia num mosteiro da Morávia, actual República Checa.
- Mendel descobriu que as características dos seres vivos, como a cor das flores, são devidas à presença de unidades a que chamou **factores**, tendo formulado os princípios básicos da hereditariedade, que regulam a transmissão das características hereditárias.
- Mendel utilizou nas suas experiências a ervilheira de jardim, planta com características contrastantes e fácil de trabalhar. Estudou uma característica de cada vez, realizou polinização cruzada artificial e utilizou a estatística na análise dos resultados.
- Realizou cruzamentos recíprocos, obtendo sempre resultados iguais aos do cruzamento inicial.
- Com base na análise dos resultados dos cruzamentos que realizou, Mendel enunciou três princípios, mais tarde chamados Leis de Mendel:
  - princípio da uniformidade dos híbridos da 1.ª geração;
  - princípio da pureza dos gâmetas ou da segregação factorial (dos factores);
  - princípio da independência dos caracteres.



21.

Digitalizada com CamScanner

AUTO-AVALIAÇÃO

22. Gato persa e gato siamês.

1. O pêlo comprido dos gatos persas é condicionado por um gene recessivo f e o pêlo curto dos gatos siameses pelo seu alelo dominante F.

Que descendência se espera do cruzamento entre uma gata persa e um gato siamês heterozigótico?

2. Na mosca da fruta, o gene P condiciona corpo cinzento, enquanto p determina coloração preta. Do cruzamento de um macho de corpo cinzento com uma fêmea de corpo preto obtiveram-se, na F_1, 84 moscas cinzentas e 78 moscas pretas.

Qual é o genótipo do macho? Justifica com um quadro de cruzamento.

23. Cobaia.

3. Uma cobaia de pêlo arrepiado cruzada com um macho de pelo liso teve um grande número de descendentes, todos de pêlo arrepiado.

3.1. Qual é a característica dominante?

3.2. Qual é o genótipo de todas as cobaias?

4. Certo criador de gado tem dúvidas quanto às capacidades hereditárias referentes à cor do pêlo de um carneiro branco, pois sabe, por experiência própria, que os filhos dos ovinos brancos podem ser brancos ou pretos.

O que deveria fazer este criador de gado para ter a certeza da constituição genética deste carneiro?

5. Um porco de orelhas pendentes foi cruzado várias vezes com uma fêmea de orelhas erectas. Produziram sempre descendentes de orelhas pendentes. Cruzando entre si indivíduos da F_1, obtiveram-se 18 leitões de orelhas pendentes e 6 de orelhas erectas.

5.1. Qual é a característica condicionada por um gene dominante?

5.2. Qual é o genótipo dos porcos da geração F_1?

5.3. Na geração F_2, qual é a proporção esperada de heterozigóticos?

Digitalizada com CamScanner

6. Relaciona os termos da coluna I com as definições da coluna II.

COLUNA I	COLUNA II
Termos	**Definições**
1. Gene recessivo	A. Factor responsável pela transmissão das características hereditárias
2. Fenótipo	B. Constituição genética de um indivíduo
3. Gene	C. Expressão do gene para uma dada característica
4. Gene alelo	D. Não manifesta a característica quando em presença do dominante
5. Genótipo	E. Genes que ocupam o mesmo *locus* (posição relativa) em cromossomas homólogos

7. A cor preta da pelagem de cães de raça *Cocker Spaniel* é condicionada por um gene dominante B e a cor vermelha pelo seu alelo recessivo b. O padrão uniforme da pelagem é condicionado por um outro gene dominante M, cujo alelo recessivo m condiciona padrão malhado. Um cão de pelagem preta, uniforme, foi cruzado com uma cadela preta, malhada. Deste cruzamento nasceram 8 filhotes: 3 pretos uniformes, 3 pretos malhados, 1 vermelho uniforme e 1 vermelho malhado.

24. Cães *Cocker Spaniel*.

Quais são os prováveis genótipos dos pais e dos filhotes?

8. Frangos *White Leghorn* com cristas grandes e penas brancas foram cruzados com frangos *Indian Game*, com cristas pequenas e penas escuras. Ambos os progenitores são de raça pura. A F_1 era branca e de crista pequena.

8.1. Quais são os alelos dominantes e recessivos?

8.2. Representa o cruzamento até à F_2, indicando os genótipos e fenótipos e as proporções em que aparecem.

9. No gado de raça *Shorthorn*, a cor do pêlo é condicionada por um par de genes sem dominância. O gene V condiciona a cor vermelha e o gene B condiciona a cor branca. O heterozigótico VB é chamado "ruão" (uma mistura de vermelho e de branco).

9.1. Que resultados fenotípicos são esperados do cruzamento de um macho e uma fêmea "ruões" e em que proporções?

9.2. Que descendentes se esperam do cruzamento de uma fêmea "ruão" com um macho branco? E com um macho vermelho? Quais as proporções para cada caso?

Digitalizada com CamScanner

4. Hereditariedade humana

DESCOBRE

- **O que entendes por hereditariedade autossómica?**
- **Qual a importância do conhecimento dos grupos sanguíneos?**

VOCABULÁRIO

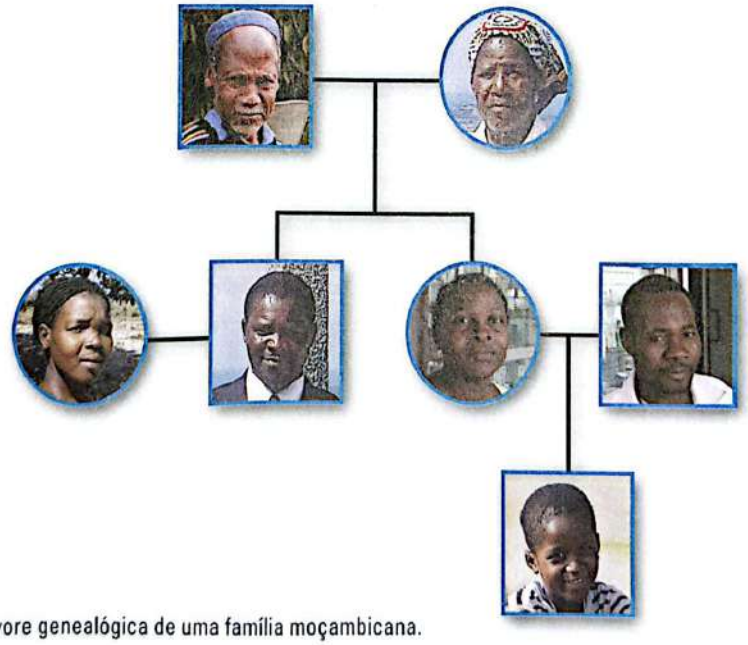
Anomalia: desvio do tipo normal, irregularidade.

Geneticista: especialista em genética.

Genealogia: relações genéticas, estabelecidas através de gerações, entre os seres vivos; série de gerações pertencentes a uma família.

Na espécie humana, o modo de transmissão da informação genética de uma geração para a seguinte realiza-se segundo os mesmos mecanismos de hereditariedade que operam nas outras espécies. Contudo, o estudo da hereditariedade humana apresenta algumas dificuldades, resultantes de determinados factos, como, por exemplo: o ser humano não pode ser utilizado como "material experimental"; o ciclo de vida do ser humano não permite o acompanhamento de um grande número de gerações; na espécie humana, o número de descendentes de cada casal de progenitores é relativamente reduzido.

Na tentativa de contornar estas dificuldades, os investigadores valem-se de diversas técnicas relativamente recentes, como, por exemplo, a **análise do cariótipo**, a **análise de proteínas** e a **análise de DNA**, entre outras. Estes métodos permitem verificar, por exemplo, a existência de anomalias cromossómicas e alterações dos genes, assim como fazer testes de paternidade e de outras relações de parentesco entre os indivíduos em estudo. Um dos métodos clássicos que continuam a ser importantes fontes de informação para os geneticistas consiste na elaboração de **árvores genealógicas**, que são diagramas que permitem acompanhar a transmissão de uma determinada característica numa família ao longo das gerações.

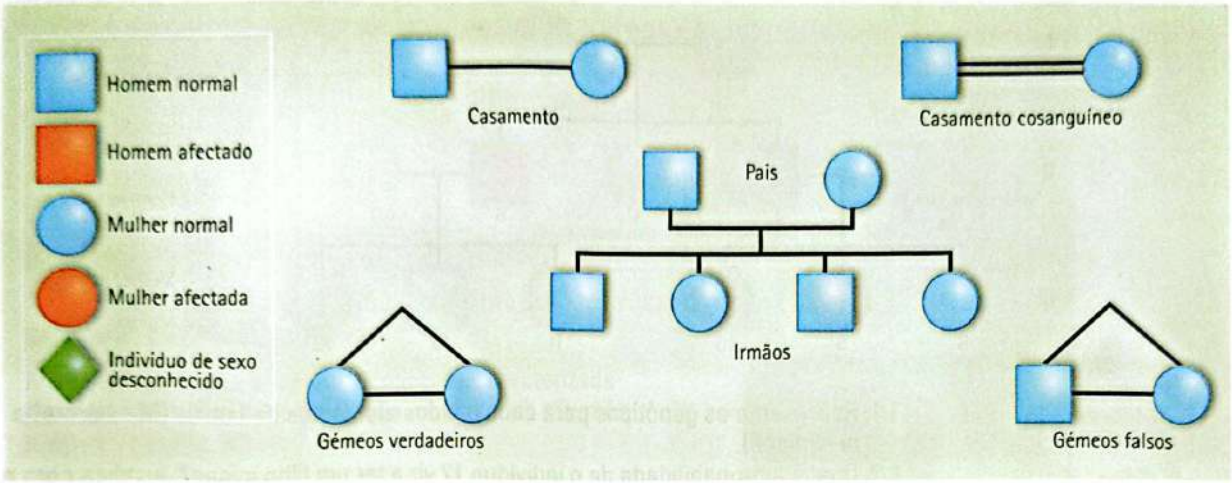


25. Árvore genealógica de uma família moçambicana.

Actualmente, as árvores genealógicas assumem especial importância quando a característica em estudo se refere a uma anomalia, pois permitem: fazer a análise de certos traços familiares; determinar se a anomalia é condicionada por um gene dominante ou recessivo e inferir do risco de transmissão dessa anomalia a gerações futuras.

Digitalizada com CamScanner

Para construir uma árvore genealógica, também designada ***pedigree*** ou **heredograma**, são seleccionados aspectos do fenótipo relativos a um determinado carácter, que são representados por uma simbologia convencional. Na figura 26 estão representados os principais símbolos utilizados na construção de genealogias.



26. Principais símbolos usados na construção de árvores genealógicas.

Ao analisar o modo de transmissão de um determinado carácter, pode-se prever se a sua transmissão ocorre através de **cromossomas autossómicos** (carácter não ligado ao sexo) ou através de **cromossomas sexuais** (carácter ligado ao sexo).

4.1. Hereditariedade autossómica

Sendo os cromossomas o suporte celular da informação genética, a sua transmissão assegura a transmissão da mensagem genética através de gerações.

Estudos efectuados mostram que um número considerável de características somáticas humanas segue os padrões simples de transmissão hereditária observados por Mendel. A sua transmissão é feita através de genes localizados nos cromossomas autossómicos (pares 1 a 22).

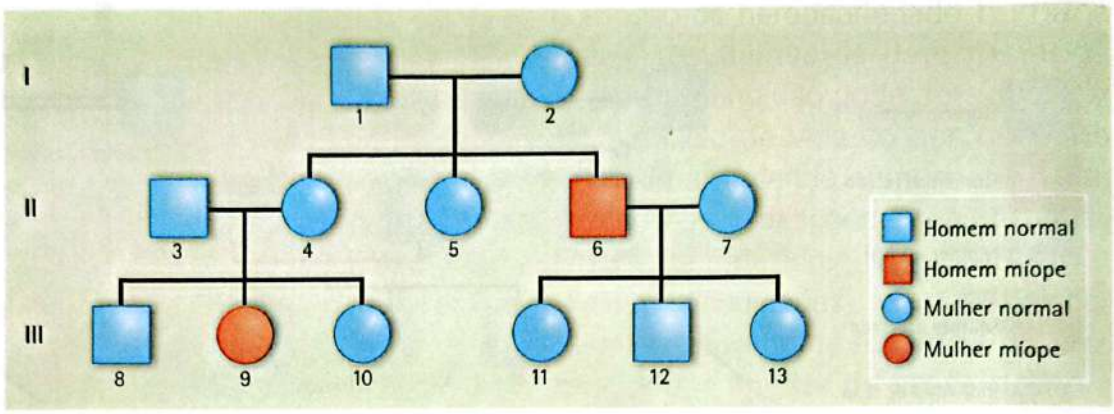
4.1.1. Critérios que permitem, normalmente, identificar um caso de transmissão de um alelo autossómico recessivo:

- os indivíduos de ambos os sexos são igualmente afectados;
- os indivíduos portadores (heterozigóticos) têm um fenótipo normal;
- a maior parte dos indivíduos que manifestam a doença provém de pais normais;
- se os dois progenitores manifestarem a doença, todos os seus descendentes também serão afectados;
- a anomalia pode não se manifestar durante uma ou mais gerações.

Digitalizada com CamScanner

ACTIVIDADE 3 – Análise da transmissão do carácter miopia

1. A miopia é uma anomalia hereditária que impede o indivíduo de ver bem ao longe. É causada por um alelo autossómico recessivo em relação ao alelo que condiciona a visão normal. A figura 27 representa a árvore genealógica de uma família em que há pessoas míopes.

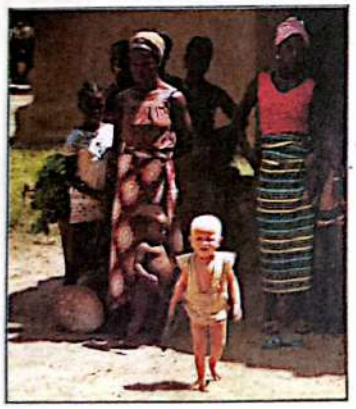


27.

1.1. Representa os genótipos para cada um dos elementos da família (**M** – normal e **m** – míope).

1.2. Qual é a probabilidade de o indivíduo 12 vir a ter um filho míope? Justifica com o xadrez mendeliano.

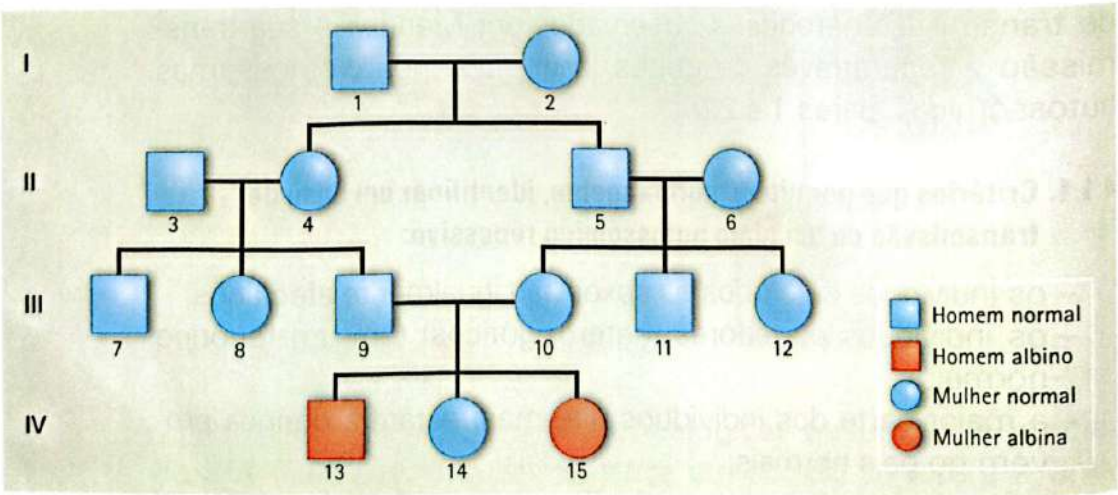
1.3. Se a mulher representada por 9 casar com um homem míope, poderá vir a ter filhos com visão normal? Fundamenta a tua opinião.



28. Criança albina.

ACTIVIDADE 4 – Análise da transmissão do carácter albinismo

1. O albinismo é uma anomalia hereditária caracterizada pela incapacidade de síntese de um pigmento chamado melanina. Esta anomalia traduz-se por uma ausência completa de pigmentação da pele. Na espécie humana, os indivíduos albinos podem aparecer no seio de uma família de qualquer parte do mundo. O albinismo ocorre indiferentemente no sexo masculino ou feminino. O alelo responsável por esta característica localiza-se num cromossoma autossómico, que é recessivo em relação ao que determina a pigmentação normal da pele (dominante). Observa a seguinte árvore genealógica.



29.

1.1. Indica o genótipo dos indivíduos 13, 14 e 15 da geração IV.

1.2. Sabendo que o gene responsável pelo albinismo se encontra num autossoma, que relação de dominância/recessividade existe entre o alelo responsável pelo albinismo e o alelo normal? Justifica a tua hipótese.

Digitalizada com CamScanner

4.1.2. Critérios que permitem, normalmente, identificar um caso de transmissão de um alelo autossómico dominante:

- os indivíduos de ambos os sexos são igualmente afectados;
- os indivíduos heterozigóticos manifestam a característica;
- quando um indivíduo manifesta a anomalia, pelo menos um dos seus progenitores também a manifesta;
- a anomalia surge em gerações sucessivas.

ACTIVIDADE 5 – Polidactilia

1. Algumas anomalias com carácter hereditário podem resultar da expressão de genes dominantes.

A polidactilia é uma anomalia dominante caracterizada pelo aparecimento de mais do que cinco dedos nas mãos e/ou nos pés (fig. 30).

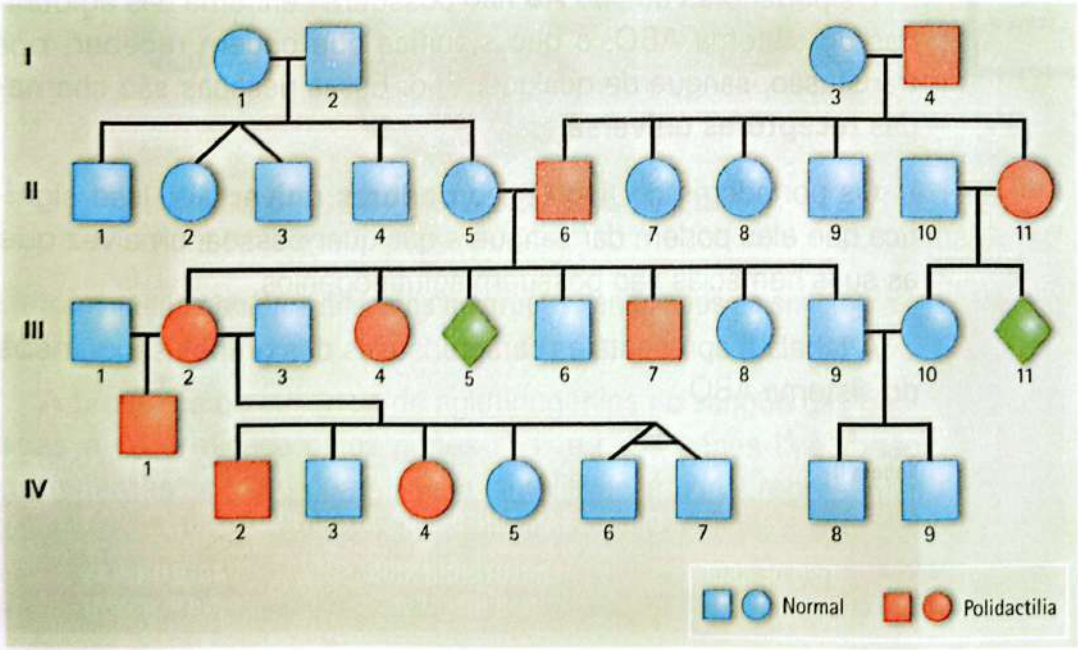
30. Polidactilia.

A árvore genealógica da figura 31 refere-se à transmissão de polidactilia numa determinada família.

Considera:

A – alelo responsável pela polidactilia;

a – alelo normal.



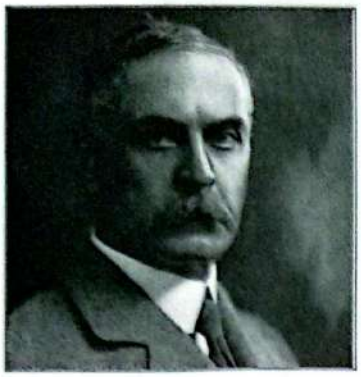
31.

1.1. Indica o genótipo dos indivíduos 4, 6 e 7 da geração II.

1.2. Qual é a probabilidade de nascer um filho com polidactilia do casal 10 e 11 da geração II? Constrói um xadrez mendeliano.

Digitalizada com CamScanner

4.2. Grupos sanguíneos

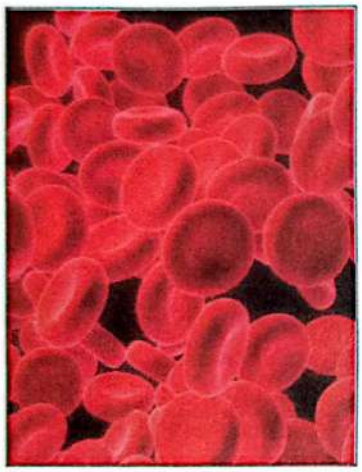


32. Karl Landsteiner.

No início do século XX, Karl Landsteiner (fig. 32) descobriu que, quando se misturavam amostras de sangue de determinadas pessoas, os glóbulos vermelhos (ou hemácias) coagulavam. Ele concluiu que os sangues eram incompatíveis.

As primeiras transfusões sanguíneas resultavam, muitas vezes, em fracasso, levando à morte do indivíduo receptor. Estudos posteriores revelaram que existiam diversos tipos sanguíneos que foram classificados em grupo **A**, grupo **B**, grupo **AB** e grupo **O**, constituindo o sistema **ABO**.

4.2.1. Sistema ABO



33. Glóbulos vermelhos.

Os tipos de grupos sanguíneos do sistema ABO relacionam-se com a presença ou ausência de dois tipos de substâncias: uma delas localiza-se nas hemácias e é chamada **aglutinogénio**; a outra localiza-se no plasma sanguíneo e é chamada **aglutinina**.

Existem dois tipos de aglutinogénios – **A** e **B** – e dois tipos de aglutininas, **anti-A** e **anti-B**. Assim, para o sistema ABO, dizemos que uma pessoa pertence ao tipo **A** se possuir, nas suas hemácias, aglutinogénios **A** e, no plasma, aglutininas anti-**B**. Uma pessoa pertence ao tipo **B** se possuir, nas suas hemácias, aglutinogénios **B** e, no plasma, aglutininas anti-**A**.

Os portadores do tipo **AB** não possuem nenhuma das aglutininas do sistema ABO, o que significa que podem receber, por transfusão, sangue de qualquer tipo. Essas pessoas são chamadas **receptoras universais**.

Os portadores do tipo **O** são **dadores universais**. Isso significa que eles podem dar sangue a qualquer pessoa, uma vez que as suas hemácias não possuem aglutinogénios.

A tabela II apresenta as características dos grupos sanguíneos do sistema ABO.

Tabela II

GRUPOS SANGUÍNEOS DO SISTEMA ABO		
TIPO DE GRUPO SANGUÍNEO	AGLUTINOGÉNIOS (NAS HEMÁCIAS)	AGLUTININAS (NO PLASMA)
A	A	Anti-B
B	B	Anti-A
AB	AB	Nenhum
O	Nenhum	Anti-A e anti-B

Digitalizada com CamScanner

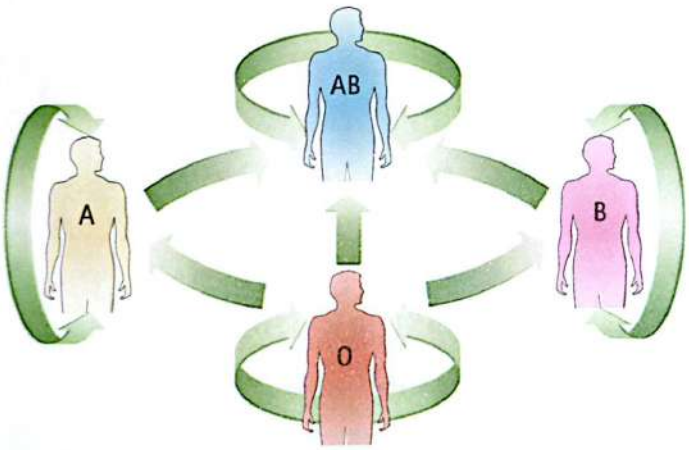
Papel dos grupos sanguíneos nas transfusões de sangue

Para se salvar um doente há, por vezes, necessidade de se realizar uma transfusão sanguínea. O conhecimento do grupo sanguíneo é fundamental para se realizar uma transfusão sanguínea com sucesso.

34. Preparação de material para transfusão sanguínea.

Cada indivíduo produz anticorpos específicos, denominados aglutininas, que actuam contra os aglutinogénios de grupos sanguíneos diferentes do seu.

A reacção antigénio-anticorpo conduz à aglutinação e precipitação das hemácias, podendo causar a morte do indivíduo que recebeu a transfusão de sangue incompatível com o seu.



35. Representação esquemática da compatibilidade sanguínea entre os grupos sanguíneos.

VOCABULÁRIO

Aglutinação: união dos glóbulos uns aos outros.

Precipitação: formação de um precipitado (substância que se separou do líquido em que estava suspensa ou dissolvida, e se depositou, como sedimento, no fundo do recipiente).

Determinação genética dos tipos de grupos sanguíneos do sistema ABO

A presença ou ausência de aglutinogénios no sangue das pessoas é determinada pelos genes I^A, I^B e i. Os genes I^A e I^B são dominantes sobre o gene i. Para simplificar, é usual representar os alelos I^A, I^B e i, respectivamente, por A, B e O.

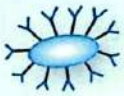
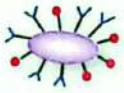
GENÓTIPOS	FENÓTIPOS
AA ou AO ($I^A I^A$ ou $I^A i$)	A
BB ou BO ($I^B I^B$ ou $I^B i$)	B
AB ($I^A I^B$)	AB
OO (ii)	O

Digitalizada com CamScanner

ACTIVIDADE 6 – Grupos sanguíneos do sistema ABO

1. No sistema ABO é possível distinguir quatro grupos sanguíneos (A, B, AB e O), cuja classificação se baseia essencialmente nos tipos de aglutinogénios presentes nas hemácias (tabela III).

Tabela III – Características dos grupos sanguíneos do sistema ABO.

Grupos sanguíneos (fenótipos)	Aglutinogénios (hemácias)	Aglutininas (plasma)
Tipo A	Aglutinogénio A	Aglutininas anti-B
Tipo B	 Aglutinogénio B	Aglutininas anti-A
Tipo AB	 Aglutinogénio A e B	— Sem aglutininas
Tipo O	Sem aglutinogénios	Aglutininas anti-A e anti-B

1.1. Com base nos dados fornecidos, caracteriza cada um dos grupos sanguíneos em função da presença/ausência dos diferentes tipos de aglutinogénios nas hemácias e de aglutininas no plasma.

1.2. Explica por que razão um indivíduo com sangue do tipo AB não possui aglutininas no seu plasma.

1.3. O que pode acontecer se uma gota de sangue do tipo A for misturada com uma gota de sangue do tipo B?

1.4. Um indivíduo com sangue do tipo O pode receber, por transfusão sanguínea, sangue do tipo A? Fundamenta a tua resposta.

1.5. Um indivíduo com sangue do tipo AB pode dar sangue a indivíduos pertencentes a qualquer grupo sanguíneo do sistema ABO? Fundamenta a tua resposta.

Digitalizada com CamScanner

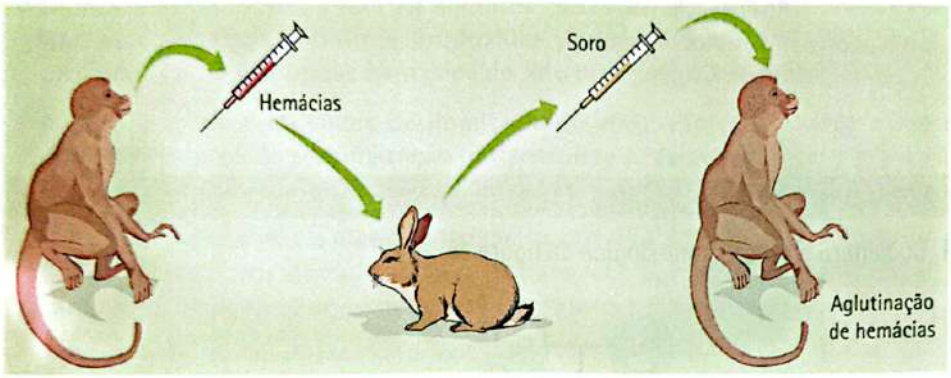
4.2.2. Sistema Rh

Além dos aglutinogénios A, B e O, os glóbulos vermelhos podem possuir outros, tais como o Rh.

Na década de 40, o médico austríaco Landsteiner realizou, com a sua equipa, experiências que permitiram descobrir outro sistema de tipos sanguíneos nas hemácias humanas: o sistema Rh.

Hemácias do macaco *Rhesus* (fig. 36) foram injectadas em coelhos, o que provocou a formação de anticorpos específicos no seu plasma que aglutinavam os glóbulos vermelhos de qualquer macaco daquela espécie (fig. 37). Designou-se por factor Rhesus ou factor Rh o antigene específico localizado na superfície dos eritrócitos que induz a formação do anticorpo. Este anticorpo designa-se anti-Rh.

36. Macaco da espécie *Macacus rhesus.*



37. Experiência de Landsteiner.

Ao serem misturadas gotas de sangue de diferentes pessoas, os anticorpos anti-Rh provocaram, em alguns casos, forte reacção de aglutinação, indicando que algumas hemácias continham substâncias muito parecidas com o factor Rh dos macacos.

As pessoas que mostraram reacção positiva de aglutinação com o anticorpo anti-Rh foram chamadas Rh positivas (Rh^+), para indicar que tinham o factor Rh nas hemácias. Aquelas cujo sangue não reagia com os anticorpos anti-Rh foram denominadas Rh negativas (Rh^-), por não apresentarem o factor Rh nas hemácias.

Assim, a incompatibilidade dos grupos sanguíneos verifica-se não só ao nível do sistema ABO mas também ao nível do sistema Rh. Significa que, em certos casos, as transfusões poderão pôr em risco a vida do receptor se houver compatibilidade num sistema e incompatibilidade no outro.

Entre os genes responsáveis pelos dois tipos sanguíneos, Rh positivo e Rh negativo, verifica-se que o gene Rh^+ é dominante sobre o seu alelo Rh^-, recessivo, e determina a existência do aglutinogénio Rh. Deste modo, um indivíduo do grupo Rh^- não possui aglutinogénios Rh, pelo que, ao receber sangue do tipo Rh^+, fica sensibilizado para produzir aglutininas anti-Rh.

Digitalizada com CamScanner

Uma nova transfusão sanguínea deste tipo poderá originar um grave acidente se no plasma do receptor já se tiverem formado aglutininas em número suficiente para aglutinar as hemácias do dador.

Os indivíduos RH^+ podem, normalmente, receber transfusões de sangue do tipo Rh^- sem que ocorram problemas, pois, em regra, não existem aglutininas anti-Rh no plasma sanguíneo.

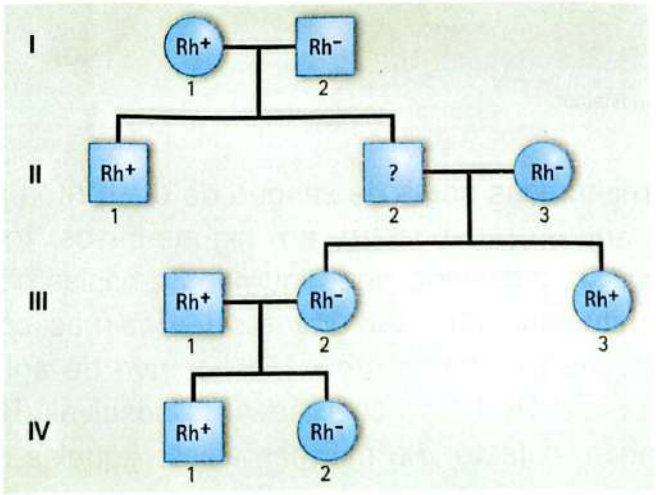
Sendo assim, a três genótipos possíveis correspondem apenas dois fenótipos, de acordo com o representado na tabela IV.

Tabela IV

FENÓTIPOS	GENÓTIPOS POSSÍVEIS
Rh positivo	RH^+ RH^+ RH^+ Rh^-
Rh negativo	Rh^- Rh^-

ACTIVIDADE 7 – Grupos sanguíneos do sistema Rh

1. Considera a árvore genealógica da figura 38.



38.

1.1. Indica o(s) genótipo(s) possível(eis) para os indivíduos III-3, III-2 e IV-1.

1.2. Qual é o fenótipo para o grupo sanguíneo do sistema Rh do indivíduo II-2? Justifica a tua resposta.

1.3. Supõe que o indivíduo IV-2 sofreu um acidente de automóvel e recebeu uma transfusão sanguínea do irmão IV-1. Tendo tido necessidade de uma segunda transfusão sanguínea, o indivíduo IV-2 recebeu novamente sangue do tipo Rh^+ e acabou por morrer.

1.3.1. Procura explicar o que aconteceu no organismo do receptor destas transfusões.

1.3.2. Teria havido o mesmo problema se fosse o indivíduo IV-1 a receber sangue do indivíduo IV-2?
Fundamenta a tua opinião.

Digitalizada com CamScanner

SABER +

QUERES SABER MAIS?

Doença hemolítica do recém-nascido ou eritroblastose fetal

Esta doença caracteriza-se pela destruição das hemácias das crianças, podendo ocasionar a morte do recém-nascido ou do feto durante a gestação, devido a vários factores, dos quais se destaca a produção de aglutininas no sangue materno, após qualquer contacto anterior com sangue Rh^+.

Durante a gestação, há uma estreita relação entre a mãe e o filho através da placenta, havendo uma troca de substâncias, mas não de células sanguíneas (fig. 39).

No entanto, durante o parto, quando ocorre a ruptura da placenta, pode haver passagem de algumas hemácias do sangue do filho para a circulação materna.

Se a mãe for do grupo Rh^- e o filho for Rh^+, os aglutinogénios Rh presentes nas hemácias do filho vão sensibilizar o organismo da mãe a produzir aglutininas anti-Rh. Numa eventual segunda gravidez, em que a criança seja Rh^+, as aglutininas anti-Rh já produzidas podem atravessar a placenta e provocar a aglutinação das hemácias do feto ou mesmo a sua destruição.

A criança nasce com sinais de doença hemolítica, mais ou menos grave consoante o grau de sensibilização materna, isto é, de acordo com a quantidade de aglutininas anti-Rh produzidas pelo organismo da mãe.

Desde que se conhece a hereditariedade dos grupos sanguíneos do sistema Rh, os médicos têm alertado as pessoas para este tipo de incompatibilidade sanguínea, no sentido de se poder actuar de uma forma preventiva.

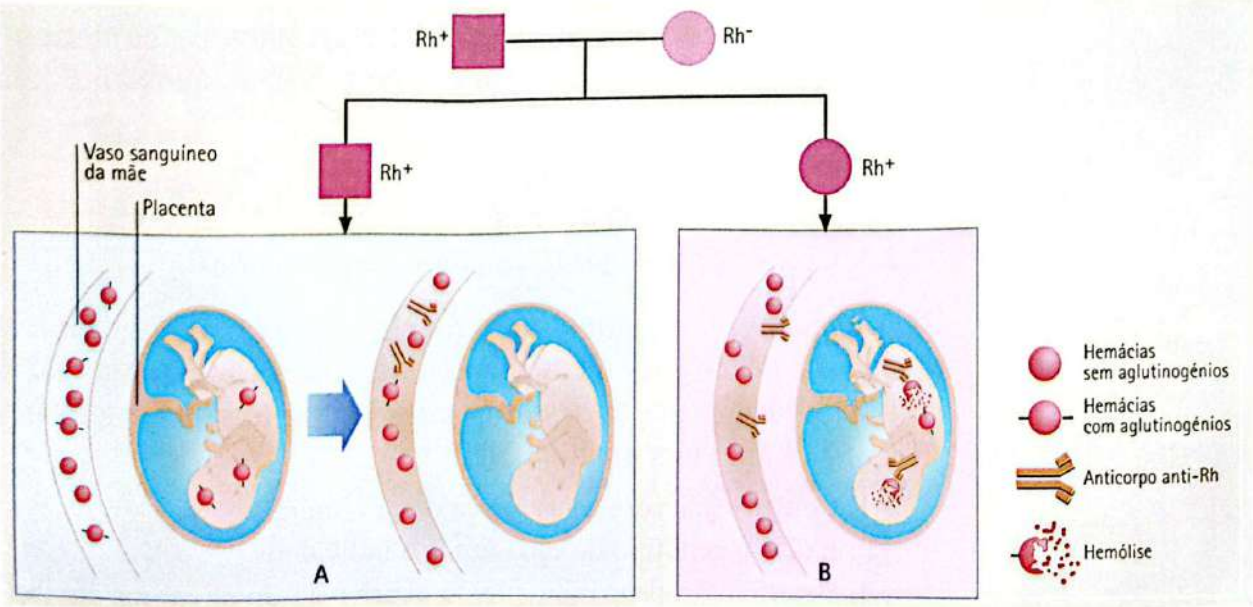
Actualmente, ao confirmar-se a existência de incompatibilidade numa primeira gravidez, é usual injectarem-se anticorpos anti-Rh no sangue da mãe nas 72 horas após o nascimento da criança.

Estes anticorpos irão destruir rapidamente as hemácias (Rh^+) da criança que tenham atingido a circulação sanguínea materna, evitando, deste modo, que o organismo da mãe seja sensibilizado e comece a produzir aglutininas anti-Rh.

VOCABULÁRIO

Gestação: tempo que medeia entre a concepção e o parto; gravidez.

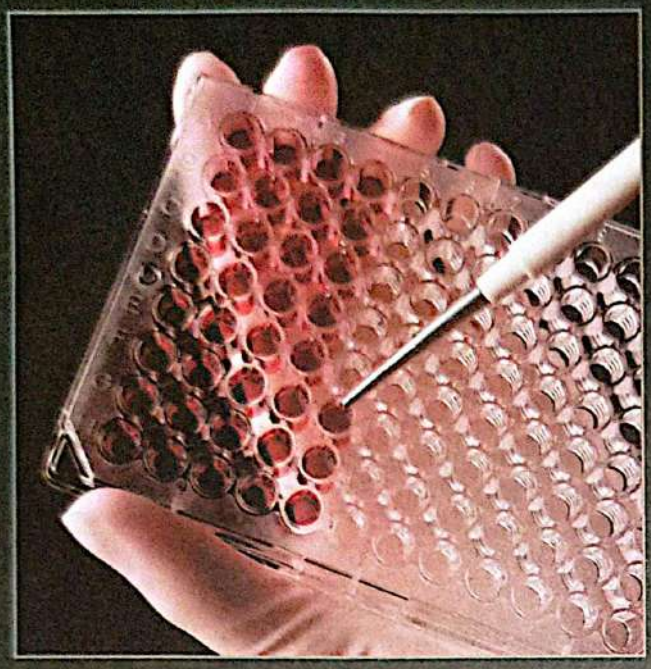
Placenta: órgão que se forma no útero e que estabelece as relações entre o embrião e a mãe: deixa passar o oxigénio e os nutrientes do sangue da mãe para o corpo do filho e as excreções do filho para o sangue da mãe.



39. Doença hemolítica do recém-nascido ou eritroblastose fetal.

Digitalizada com CamScanner

SÍNTESE



40. Análise de sangue.

- A análise da genealogia de um indivíduo é um dos métodos utilizados na genética humana para determinar a origem de certas anomalias e o seu modo de transmissão.
- Existem quatro fenótipos em relação ao sistema ABO – A, B, AB e O –, que são, respectivamente, determinados pela presença simples, conjunta ou pela ausência dos aglutinogénios A e B nas hemácias.
- Um outro aglutinogénio que pode estar presente nas hemácias humanas é o factor Rh. As pessoas que possuem esse factor são denominadas Rh^+ e as que não o possuem são chamadas Rh^-.
- O conhecimento das características dos grupos sanguíneos (sistema ABO e Rh), bem como do seu modo de transmissão, é de grande importância médica, por poderem estar envolvidos em situações que possam ser de risco para a vida humana, como transfusões sanguíneas inadequadas e a doença do recém-nascido (incompatibilidade sanguínea no sistema Rh entre a mãe e o feto).

AUTO-AVALIAÇÃO

1. O albinismo é uma doença hereditária provocada por um gene recessivo. Se um indivíduo de pigmentação normal cuja mãe era albina casar com uma mulher normal cujo pai era albino, a probabilidade de terem um filho albino é (selecciona a opção correcta):

   A. 5%. ☐ B. 25%. ☐ C. 50%. ☐ D. 50%. ☐

2. Um homem com braquidactilia (encurtamento dos dedos), casado com uma mulher que possui a mesma anomalia, tem um filho normal.

   2.1. Qual é o carácter dominante?
   2.2. Qual é o genótipo dos pais?
   2.3. Qual é a probabilidade de nascer um filho normal?

3. A ausência de pigmentação no ser humano, o albinismo, é devida a um gene recessivo, enquanto a pigmentação é devida à presença de um gene dominante. Supõe que um casal normal tem um filho albino.

   3.1. Constrói a árvore genealógica desta família.
   3.2. Indica o genótipo de cada um dos indivíduos.
   3.3. Determina a probabilidade de ocorrência do albinismo na descendência deste casal.

Digitalizada com CamScanner

4. A transfusão de sangue do tipo B para um indivíduo do grupo A resultaria em (selecciona a opção correcta):

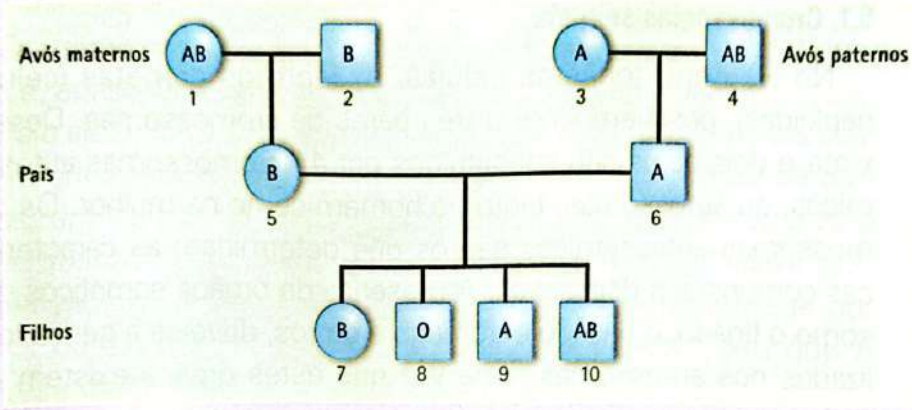
A. reacção de anticorpos anti-A do receptor com glóbulos vermelhos do dador. ☐

B. reacção de antigénios B do receptor com anticorpos anti-B do dador. ☐

C. formação de anticorpos anti-A e anti-B pelo receptor. ☐

D. nenhuma reacção, porque A é receptor universal. ☐

5. Considera a árvore genealógica da família Mabote, representada na figura 41.



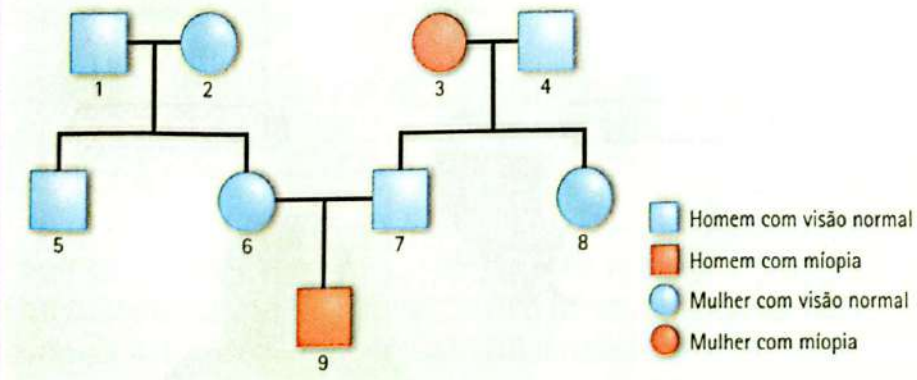
41.

5.1. Como explicas que o casal 5-6 tenha filhos do grupo sanguíneo O e do grupo AB?

5.2. Quais são os genótipos prováveis do avô materno e da avó paterna?

5.3. Considerando que a filha do casal 5-6 tem um filho do grupo sanguíneo AB, qual será o genótipo e o fenótipo prováveis do pai da criança? Justifica com o xadrez mendeliano.

6. A miopia é uma anomalia hereditária comum na espécie humana que ocorre com igual frequência em ambos os sexos. Considera a árvore genealógica representada na figura 42.



42.

6.1. Indica qual é o gene recessivo. Justifica a tua resposta.

6.2. Indica o genótipo dos indivíduos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8.

Digitalizada com CamScanner

DESCOBRE

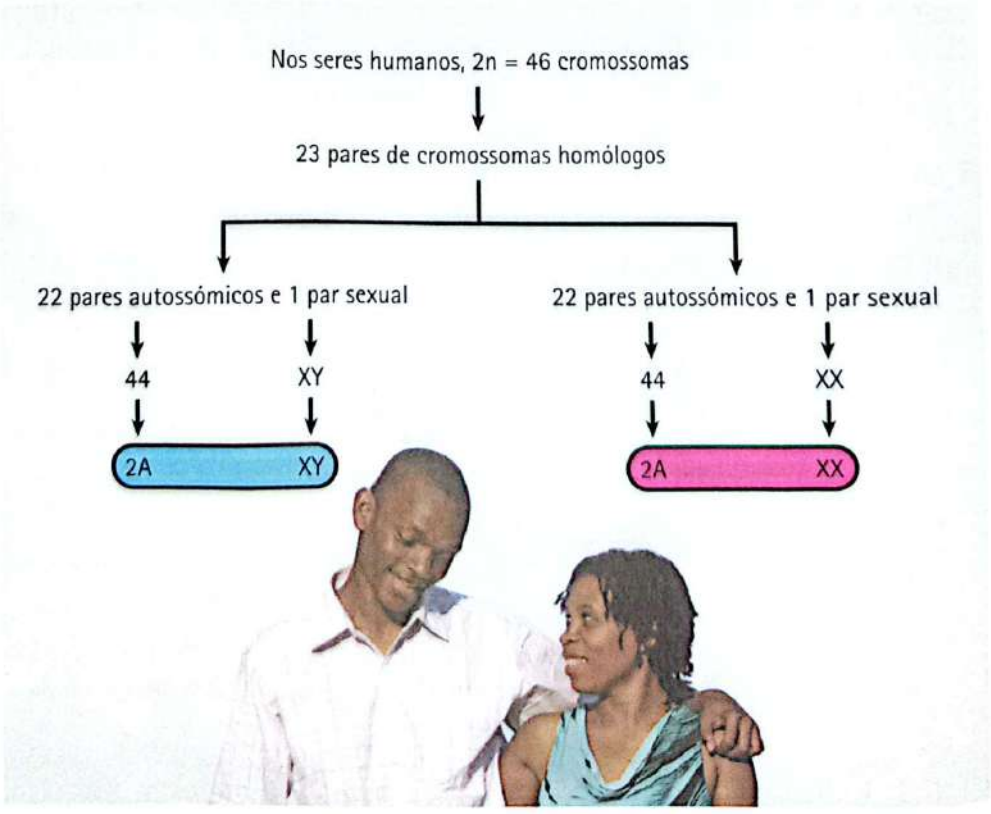
- Qual é a diferença entre o cariótipo masculino e o cariótipo feminino na espécie humana?
- Como é determinado o sexo na espécie humana?
- Os caracteres determinados por um gene recessivo localizado no cromossoma X não afectam de igual modo homens e mulheres. Porquê?

5. Hereditariedade humana ligada ao sexo

A herança ligada ao sexo também pode ser identificada em diversas outras espécies e foi percebida inicialmente a partir das observações de Thomas Hunt Morgan, em 1909. Ao estudar a mosca-da-fruta, *Drosophila melanogaster*, Morgan observou a cor dos olhos deste insecto e descobriu proporções diferentes para machos e fêmeas que evidenciavam a presença de uma herança ligada aos cromossomas sexuais. A hereditariedade ligada ao sexo está, portanto, relacionada com a transmissão de características responsáveis por genes localizados nos cromossomas sexuais.

5.1. Cromossomas sexuais

No Homem, todas as células, excepto os gâmetas (células haplóides), possuem vinte e três pares de cromossomas. Destes, vinte e dois pares são constituídos por 44 cromossomas autossómicos, ou autossomas, tanto no homem como na mulher. Os cromossomas autossómicos são os que determinam as características comuns aos dois sexos. A presença de órgãos somáticos, tais como o fígado, o baço, o estômago e outros, deve-se a genes localizados nos autossomas, uma vez que estes órgãos existem em ambos os sexos. O vigésimo terceiro par é constituído pelos cromossomas sexuais, ou heterossomas, responsáveis pela determinação do sexo dos indivíduos, bem como por todas as características com ele relacionadas (fig. 43).

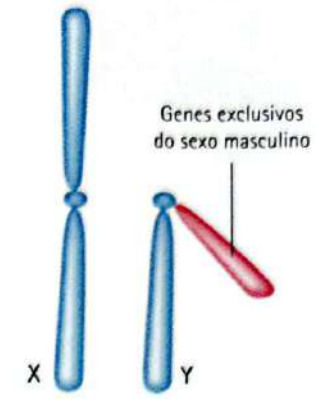


43. Cariótipos humanos.

Digitalizada com CamScanner

Estes cromossomas são designados X e Y. No cariótipo da mulher, os cromossomas sexuais são idênticos e designam-se por cromossoma X. Por esta razão, na mulher o par vinte e três é representado por XX. No cariótipo do homem, um dos cromossomas do par vinte e três é X e o outro é Y. O par de cromossomas sexuais masculinos é assim representado por XY.

O cromossoma X é mais longo, possuindo maior quantidade de genes, enquanto o cromossoma Y é mais curto e contém menor quantidade de genes. No esquema da figura 44, observa-se a região não homóloga entre os dois cromossomas sexuais humanos.



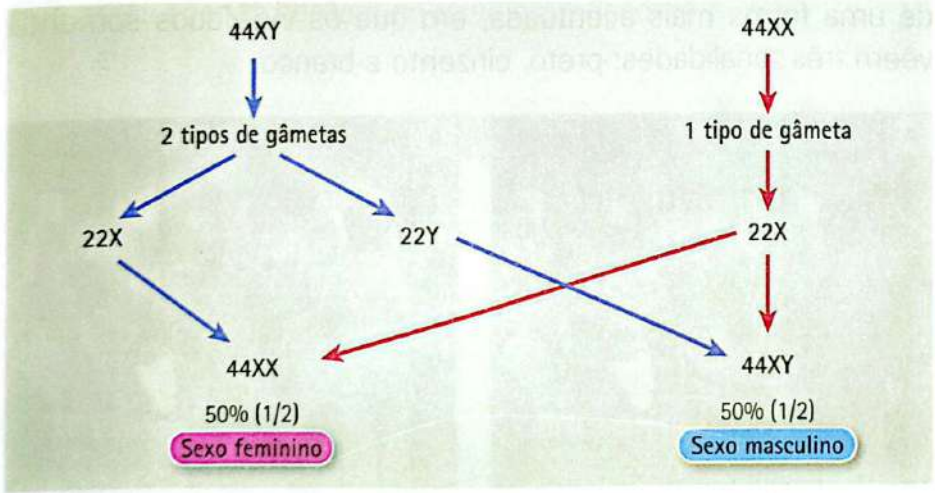
44. Cromossomas X e Y.

5.2. Determinação genética do sexo na espécie humana

Os gâmetas femininos e masculinos são células haplóides, isto é, apresentam apenas um cromossoma de cada par.

Para além dos 22 autossomas, todos os gâmetas femininos possuem um cromossoma X. Já o gâmeta masculino pode ser de dois tipos: um transporta os 22 autossomas e um cromossoma X; o outro transporta, para além dos 22 autossomas, um cromossoma Y.

Na mulher, a fórmula genética pode ser representada por 44XX ou 2A XX; no homem, por 44XY ou 2A XY, em que A representa 22 pares de autossomas.



45. Determinação genética do sexo na espécie humana.

O oócito pode ser fecundado por qualquer um dos dois tipos de espermatozóides, pelo que a probabilidade de nascer um rapaz ou uma rapariga é de 50%:

- se o espermatozóide que fecunda o oócito possui 22 autossomas + 1 cromossoma X, nascerá uma rapariga;
- se o espermatozóide que fecunda o oócito possui 22 autossomas + 1 cromossoma Y, nascerá um rapaz (fig. 45).

O sexo de cada ser humano depende, assim, do cromossoma sexual que é transportado no espermatozóide que fecunda o oócito.

46. Menino ou menina?

Digitalizada com CamScanner

5.3. Transmissão de doenças ligadas ao sexo

A transmissão de doenças através dos genes localizados no cromossoma X não se faz de igual modo nos homens e nas mulheres.

Na mulher, como existem dois cromossomas X, os genes localizados nestes cromossomas formam pares de alelos que funcionam como nos autossomas, isto é, os alelos recessivos só se manifestam no caso em que são homozigóticos.

No caso do homem, os genes localizados no cromossoma X manifestam-se em regra, quer sejam dominantes quer sejam recessivos, uma vez que o cromossoma Y não possui o alelo correspondente. Por isso, é mais frequente manifestar-se uma característica ligada ao sexo determinada por um gene recessivo nos indivíduos do sexo masculino do que nos indivíduos do sexo feminino.

5.3.1. Transmissão do daltonismo

Uma pessoa com daltonismo (doença também chamada cegueira parcial às cores) é incapaz de distinguir determinadas cores, como a vermelha ou a verde. Estas cores são vistas como cinzentas (fig. 47). Por vezes, o daltonismo pode manifestar-se de uma forma mais acentuada, em que os indivíduos somente vêem três tonalidades: preto, cinzento e branco.

47. Visão de um indivíduo normal (A) e de um indivíduo daltónico (B).

Esta anomalia é determinada por um gene recessivo, que pode ser representado por **d**; o gene dominante que determina a visão normal pode ser representado por **D**. Estando estes genes alelos situados no cromossoma X, poderão ser designados por X^d e X^D, respectivamente (tabela V).

Digitalizada com CamScanner

Tabela V – Simbologia genética para o daltonismo.

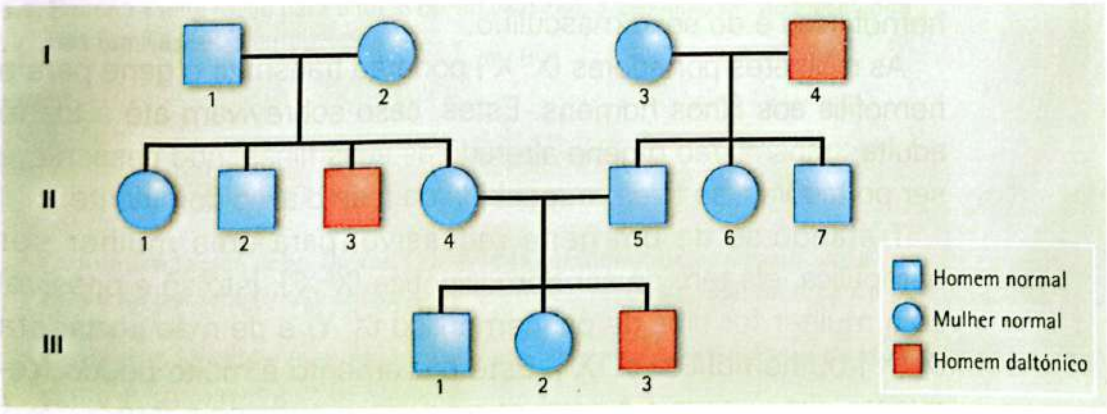
GENÓTIPO	FENÓTIPO
X^DX^D	Mulher normal
X^DX^d	Mulher normal portadora
X^dX^d	Mulher daltónica
X^DY	Homem normal
X^dY	Homem daltónico

Uma mulher daltónica tem de ser, necessariamente, homozigótica recessiva (X^dX^d). Se ela tiver filhos do sexo masculino, todos eles serão daltónicos (X^dY), pois o seu único cromossoma X provém sempre do gâmeta da mãe e não do pai, uma vez que ele só transmite o cromossoma Y. Se a mesma mulher tiver filhas, todas elas receberão um gene alelo para o daltonismo no cromossoma X^d de origem materna. Se o pai não for daltónico, as filhas terão visão normal, mas serão portadoras (X^DX^d), pois o cromossoma X que recebem do pai tem o gene para a visão normal. Se o pai for daltónico, as filhas serão daltónicas (X^dX^d), visto que o cromossoma paterno transporta o gene para o daltonismo.

Um homem daltónico transmite o cromossoma X com o gene afectado (X^d) apenas às filhas e não aos seus filhos rapazes, já que estes apenas herdam do pai o cromossoma Y.

ACTIVIDADE 8 – Transmissão do daltonismo

1. Observa o esquema da figura 48, que representa a árvore genealógica de uma família na qual se observam alguns casos de daltonismo.



48.

1.1. O alelo que determina o daltonismo é recessivo. Com base nos dados da figura, justifica esta afirmação.

1.2. Identifica os dados que te levam a supor que o gene se localiza no cromossoma X.

1.3. Há maior incidência de daltonismo nos homens do que nas mulheres. Porquê?

1.4. Supõe que o indivíduo III-3 casa com uma mulher com visão normal e homozigótica. Qual é a probabilidade de este casal ter uma criança daltónica? Fundamenta a tua resposta, usando o xadrez mendeliano.

Digitalizada com CamScanner

5.3.2. Transmissão da hemofilia

A hemofilia é originada pela alteração de um gene responsável pela criação de uma proteína necessária à coagulação sanguínea. Devido à inexistência desta proteína nos hemofílicos, qualquer hemorragia, mesmo pequena, pode durar horas, acabando até, em alguns casos, por levar à morte.

No passado, a maioria dos homens hemofílicos morria muito cedo. Hoje, recorrendo a transfusões sanguíneas e a outros recursos terapêuticos mais avançados, os hemofílicos podem ter uma vida longa, atingindo a idade da reprodução.

Esta doença genética é também condicionada por um gene recessivo localizado no cromossoma X.

Simbolicamente, utiliza-se **h** para designar o gene responsável pela hemofilia e **H** para designar o gene responsável pela normalidade. Os cromossomas portadores dos genes em estudo representam-se, respectivamente, por X^h e X^H, uma vez que se localizam no cromossoma X (tabela VI).

Tabela VI – Simbologia genética para a hemofilia.

GENÓTIPO	FENÓTIPO
$X^H X^H$	Mulher normal
$X^H X^h$	Mulher portadora
$X^h X^h$	Mulher hemofílica
$X^H Y$	Homem normal
$X^h Y$	Homem hemofílico

À semelhança do daltonismo, também a maior parte dos hemofílicos é do sexo masculino.

As mulheres portadoras ($X^H X^h$) poderão transmitir o gene para a hemofilia aos filhos homens. Estes, caso sobrevivam até à idade adulta, transmitirão o gene alterado às suas filhas, que passarão a ser portadoras, se tiverem recebido da mãe o alelo dominante.

Tratando-se de um gene recessivo, para uma mulher ser hemofílica, ela tem de ser homozigótica ($X^h X^h$). Isto só é possível se a mulher for filha de pai hemofílico ($X^h Y$) e de mãe portadora ($X^H X^h$) ou hemofílica ($X^h X^h$). Este cruzamento é muito pouco frequente, uma vez que o gene na população humana é raro.

Para além disso, pensa-se que, em condições de homozigotia ($X^h X^h$), os embriões femininos morrem antes de completarem o seu desenvolvimento.

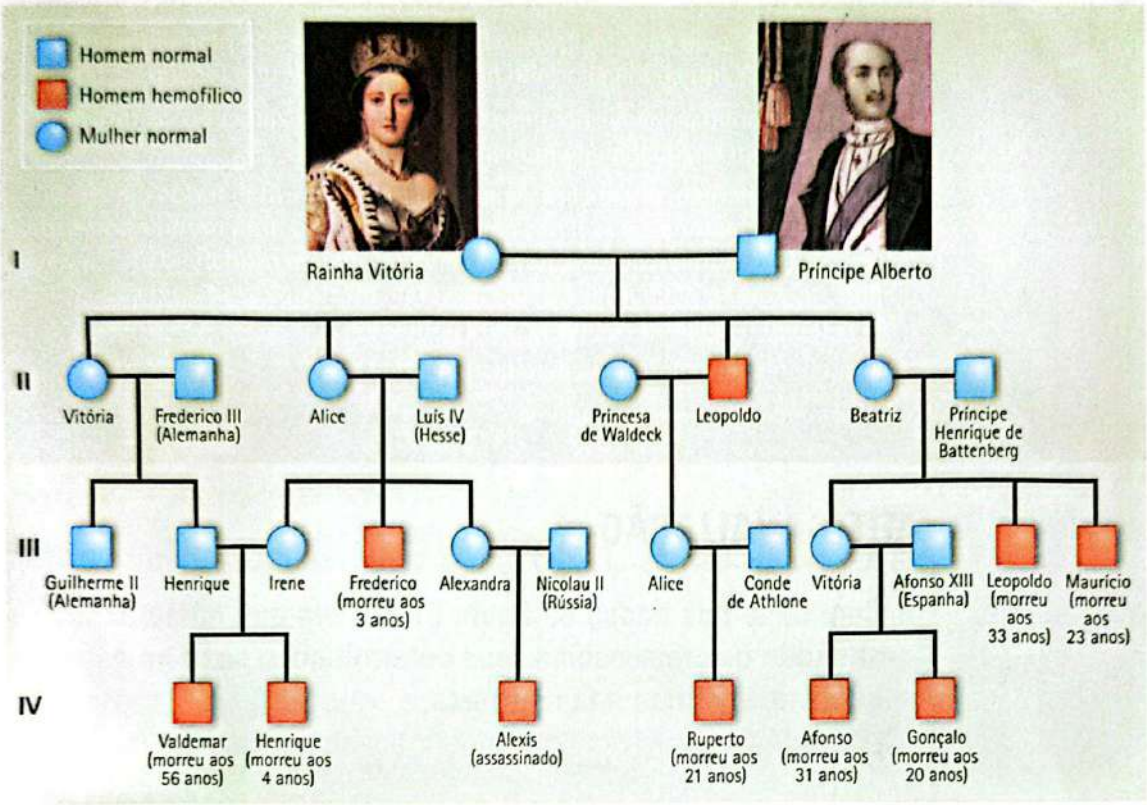
Deste modo, a existência de mulheres hemofílicas é extremamente rara.

Podemos concluir que a hemofilia, embora afecte mais os homens, é herdada sempre da mãe.

Digitalizada com CamScanner

ACTIVIDADE 9 – Transmissão da hemofilia

1. Analisa a genealogia da família real da Inglaterra representada na figura 49.



49. Árvore genealógica da família real inglesa.

1.1. Identifica o membro que introduziu o gene da hemofilia na família.

1.2. Descobre o nome das mulheres portadoras do gene da hemofilia.

1.3. Nem todas as filhas do primeiro casal são portadoras do gene alterado. Como podes explicar isto?

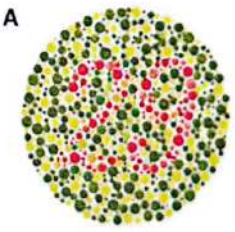
1.4. Encontra uma razão para o facto de, no passado, a hemofilia ter sido frequente nas famílias reais europeias.

SABER +

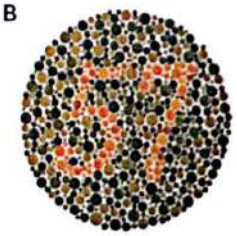
QUERES SABER MAIS?

- **O químico inglês John Dalton (1766-1844) estudou, nele mesmo, uma anomalia na percepção das cores. Esta anomalia foi designada mais tarde por daltonismo.**
  A identificação de indivíduos daltónicos faz-se recorrendo a imagens como as representadas na figura 50.
  Se um indivíduo, ao observar a imagem A, ler 7 em vez de 29 ou, na imagem B, ler 35 em vez de 57, pode ter daltonismo.
- **Um dos casos mais conhecidos de hemofilia é o da Rainha Vitória, da Inglaterra, portadora de hemofilia. Através dos seus descendentes, espalhou o gene da doença nas famílias reais da Espanha e da Rússia.**
- **Com a disseminação da SIDA durante o período em que a doença e a forma de transmissão eram mal conhecidos, muitos hemofílicos contraíram o vírus HIV a partir de sangue contaminado. Os bancos de sangue ainda não estavam alertados para os cuidados necessários para se evitar a propagação do vírus.**

A



B



50. Imagens para diagnóstico de daltonismo.

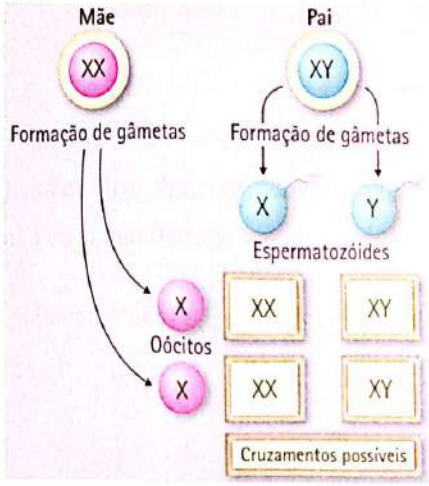
Digitalizada com CamScanner

SÍNTESE

- O cariótipo feminino distingue-se do cariótipo masculino ao nível dos cromossomas sexuais.
- A determinação do sexo na espécie humana depende do tipo de cromossoma sexual, X ou Y, que é transportado no espermatozóide que fecunda o oócito.
- As doenças condicionadas por genes recessivos localizados no cromossoma X não atingem de igual modo homens e mulheres.
- Quando um homem doente casa com uma mulher normal, todos os filhos rapazes serão normais e as filhas portadoras. Quando uma mulher portadora casa com um homem normal, haverá cerca de 50% de probabilidade de os filhos rapazes serem normais e 50% de serem afectados pela doença. As filhas poderão ser 50% normais e 50% portadoras.
- As mulheres portadoras não manifestam a doença.
- Os homens nunca são portadores.

AUTO-AVALIAÇÃO

1. Com base nos dados da figura 51, diz em que gâmetas estão situados os cromossomas que determinam o sexo na espécie humana. Justifica a tua resposta.



51.

2. Uma mulher contou o seguinte: "O meu marido é daltónico, mas eu não sou. Temos quatro filhos normais, duas raparigas e dois rapazes. A minha filha Xiluva casou com um homem normal e tem quatro filhos desse casamento. Destes, duas raparigas e um rapaz são normais, mas o outro filho rapaz é daltónico, como o meu marido."

2.1. Constrói a árvore genealógica desta família, utilizando uma cor diferente para os membros daltónicos da família.

2.2. Com base nos dados da árvore genealógica, explica porque se considera o daltonismo um carácter recessivo.

2.3. Refere o genótipo:

2.3.1. do marido; 2.3.2. da mulher que contou os factos.

Digitalizada com CamScanner

6. Mutações

DESCOBRE

- O que é uma mutação?
- Em que condições um indivíduo portador de uma mutação poderá transmiti-la aos seus descendentes?
- Que tipos de mutação podem ocorrer?

A maioria das células do corpo humano está em contínua divisão celular, o que implica uma formação constante de grandes quantidades de novas células. Em condições normais, durante este processo acontecem frequentemente muitas alterações no DNA. Contudo, as células são capazes de reparar a maioria dessas anomalias, e só algumas é que persistem, tornando-se permanentes. A estas anomalias dá-se o nome de **mutações**.

Mutação é, portanto, qualquer modificação ou alteração brusca de genes (mutações génicas) ou de cromossomas (mutações cromossómicas), que pode provocar uma variação hereditária ou uma mudança no fenótipo. A mutação pode produzir uma característica favorável num dado ambiente ou desfavorável num ambiente diferente.

As mutações podem ocorrer em células somáticas ou germinativas:

- Em células somáticas, todas as células descendentes são afectadas. Contudo, estas mutações somáticas não são transmitidas aos descendentes do indivíduo portador;
- Em células germinativas, a mutação afecta os gâmetas. Desta forma, o indivíduo portador transmite a mutação aos seus descendentes.

6.1. Mutações génicas

As **mutações génicas** ou **genéticas** são alterações que afectam apenas a estrutura do gene. Resultam da mudança da sequência de nucleótidos do DNA, por:

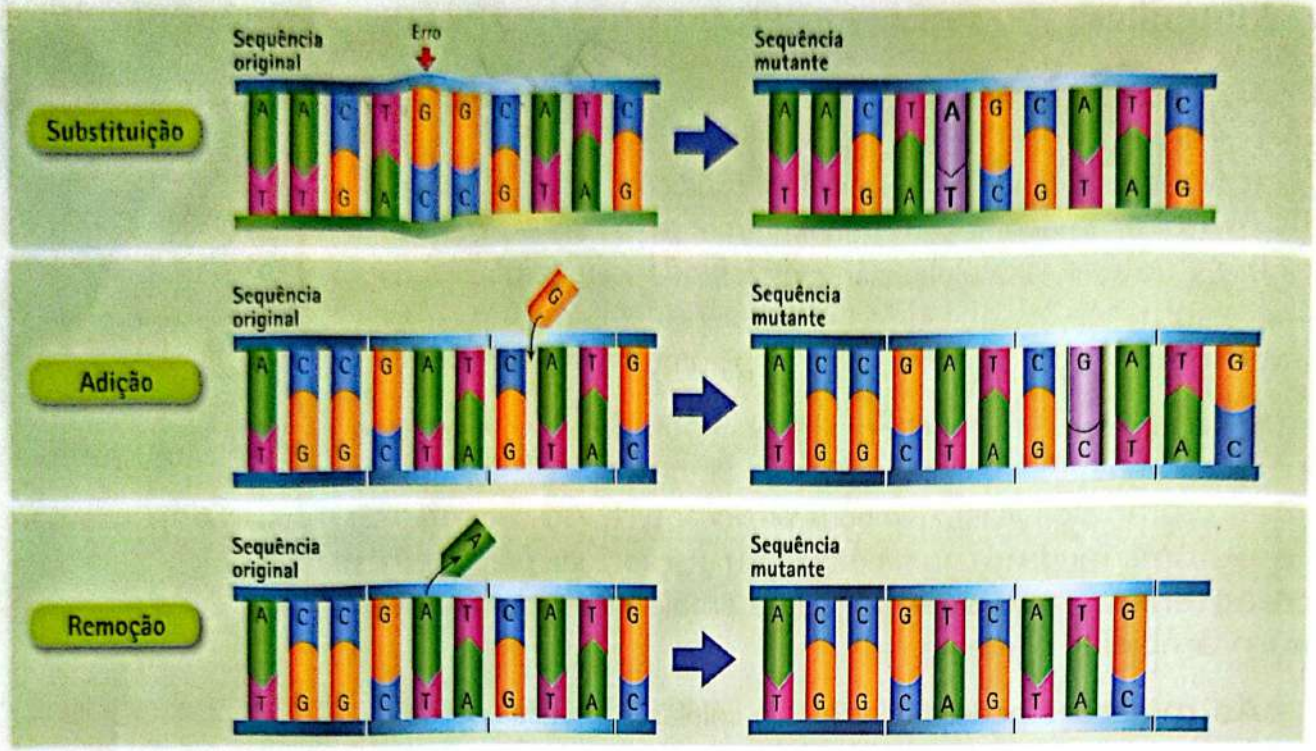
- substituição de bases;
- adição ou inserção de bases;
- remoção ou deleção de bases.

Este tipo de mutações pode conduzir à modificação da molécula de RNAm, que é transcrita a partir do DNA, e, consequentemente, à alteração da proteína produzida, o que, geralmente, tem efeitos no fenótipo do indivíduo.

As alterações ao nível do gene acontecem principalmente durante a fase S, quando o DNA se duplica.

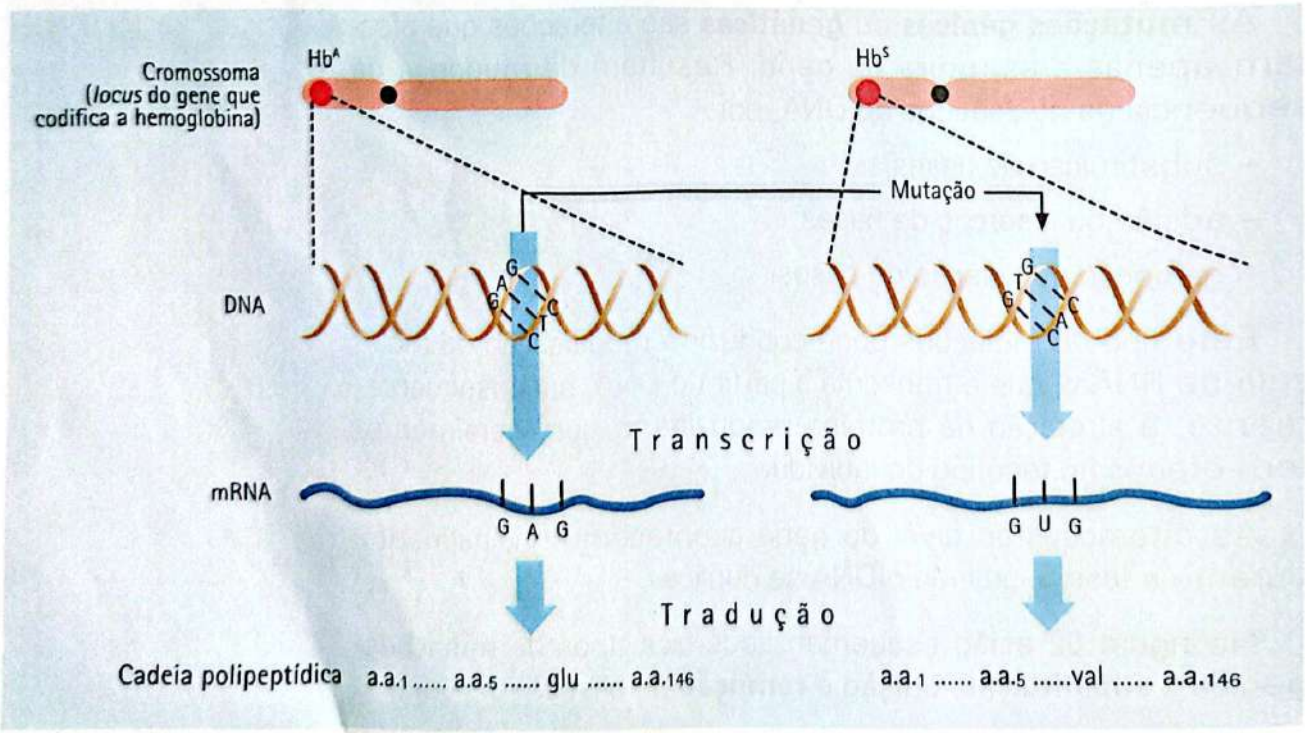
Na figura 52 estão esquematizados três tipos de mutações génicas: **substituição**, **adição** e **remoção** de bases.

Digitalizada com CamScanner



52. Mutações génicas.

A anemia falciforme é uma doença muito comum em África e resulta de uma mutação génica provocada pela substituição, na cadeia de DNA, da base azotada timina pela base azotada adenina. Este facto tem como consequência a modificação de um codão no RNAm, o qual passa a codificar um outro aminoácido para a proteína em formação. Neste caso, em vez da hemoglobina normal (Hb^A), forma-se uma hemoglobina diferente (Hb^S) (figs. 53 e 54).

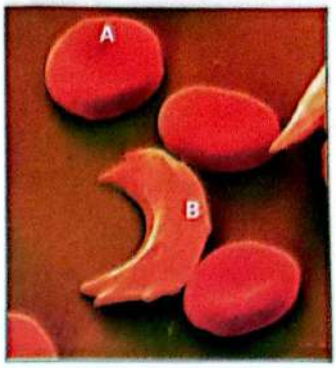


53. Mecanismo que origina a mutação genética responsável pela anemia falciforme.

Digitalizada com CamScanner

A hemoglobina Hb^S, tendo menor poder de fixação de oxigénio, levará o doente a contrair formas graves de anemia.

Esta mutação génica deu origem a um gene alelo recessivo. Deste modo, para manifestarem a doença, as pessoas têm que ter o genótipo homozigótico recessivo (Hb^S Hb^S).



54. A – glóbulo vermelho normal; B – glóbulo vermelho irregular, em forma de foice, resultante da hemoglobina Hb^S.

ACTIVIDADE 10 – Anemia falciforme

1. Com base nos dados fornecidos pela figura 53, que representa a mutação causadora da anemia falciforme, refere o tipo de alteração ocorrida:

1.1. no DNA;

1.2. no mRNA;

1.3. na cadeia polipeptídica;

1.4. na hemoglobina.

6.2. Mutações cromossómicas

As **mutações cromossómicas** são mudanças na estrutura (mutação cromossómica estrutural) ou no número (mutação cromossómica numérica) de cromossomas.

6.2.1. A mutação cromossómica estrutural

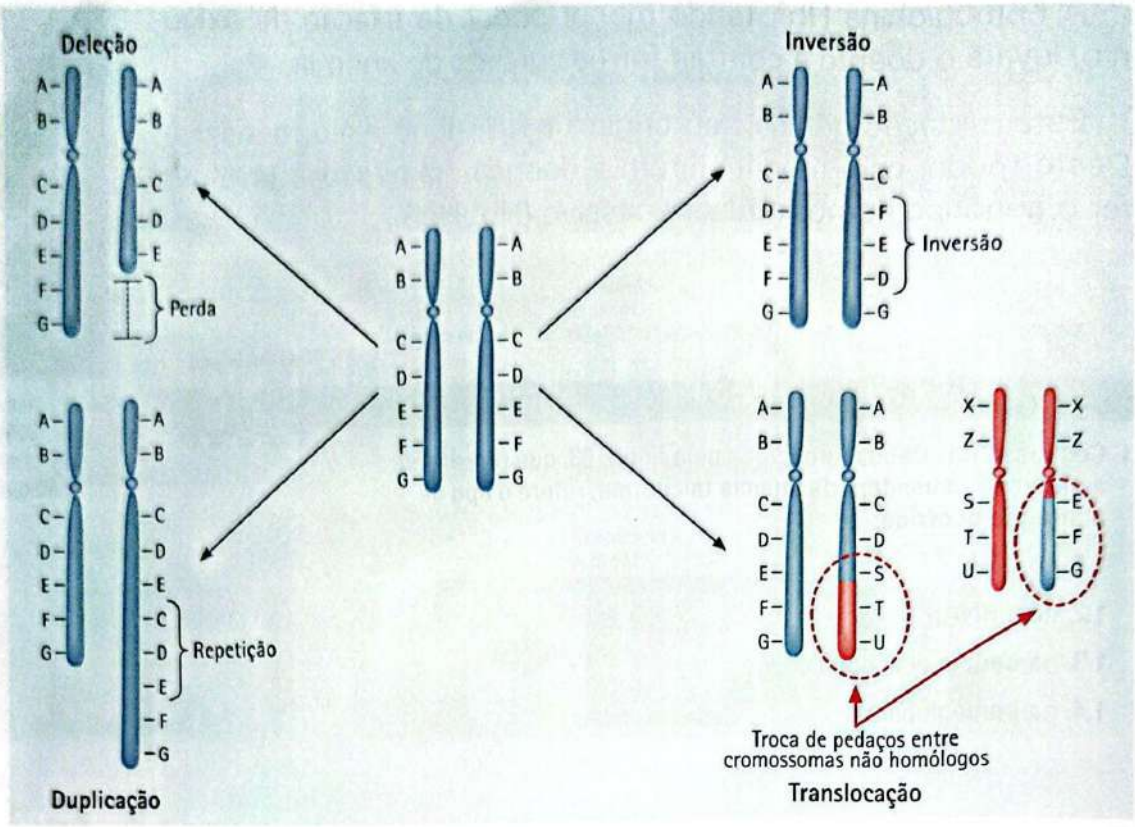
A **mutação cromossómica estrutural** ocorre essencialmente quando há quebras de cromossomas e a sua reorganização e união não se realizam adequadamente. Este tipo de alteração acontece frequentemente durante o processo de *crossing-over*.

A mutação cromossómica estrutural pode ocorrer de quatro formas distintas:

- deleção – perda de um fragmento, provocando encurtamento do cromossoma;
- inversão – ligação de um fragmento de modo inverso;
- translocação – o fragmento de um cromossoma insere-se noutro cromossoma;
- duplicação – o fragmento de um cromossoma duplica o seu DNA.

A figura 55 esquematiza as mutações cromossómicas estruturais.

Digitalizada com CamScanner



55. Mutações cromossómicas estruturais.

VOCABULÁRIO

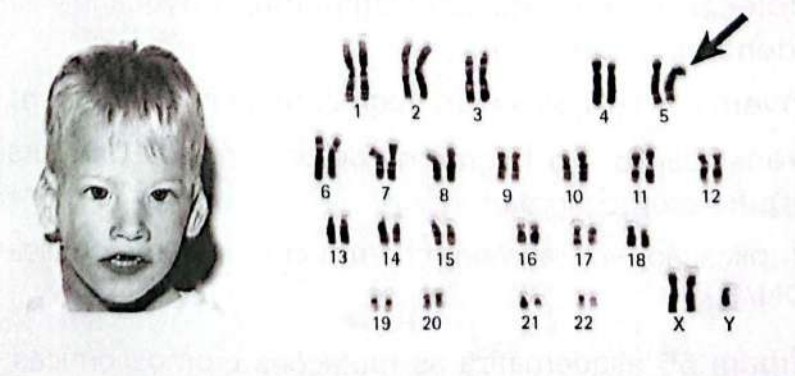
Síndroma: conjunto de sintomas que ocorrem em conjunto, que podem caracterizar uma determinada doença.

Microcefalia: doença que se caracteriza por uma insuficiência no desenvolvimento do crânio e do encéfalo, que dá origem a um crânio de tamanho reduzido e a um cérebro inferior ao normal.

Laringe: órgão situado na parte superior da traqueia, constituído essencialmente por cartilagens e pelos músculos responsáveis pela produção de sons – as cordas vocais.

A sindroma do "**grito de gato**" é uma doença originada por uma mutação cromossómica resultante de uma deleção ou perda de um fragmento de um dos cromossomas do par n.º 5 (fig. 56).

Esta doença tem como principais manifestações a microcefalia, atraso mental acentuado e a modificação da laringe que leva à produção de sons muito semelhantes ao miar de um gato em sofrimento.



56. Criança com a síndroma do "grito de gato" e respectivo cariótipo (de notar a deleção do braço curto de um dos cromossomas do par n.º 5).

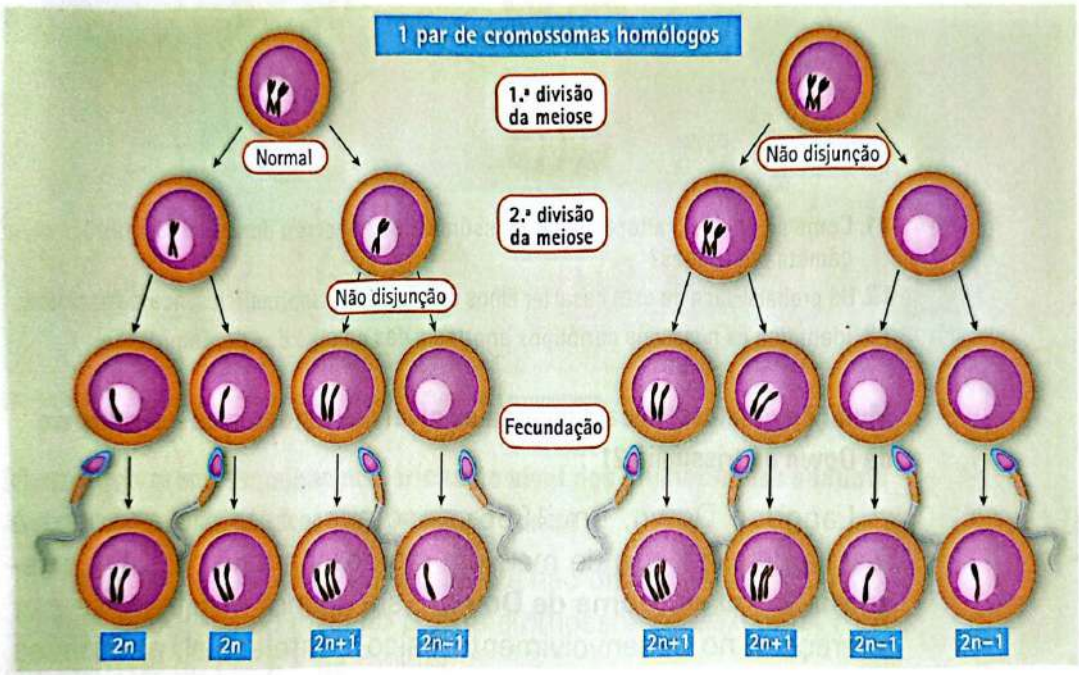
Digitalizada com CamScanner

6.2.2. A mutação cromossómica numérica

A **mutação cromossómica numérica** pode acontecer durante a divisão I ou a divisão II da meiose, ocorrendo a não disjunção de cromossomas, no primeiro caso, e a não disjunção de cromatídeos, no segundo caso.

Em ambas as situações, há células com excesso ou com falta de cromossomas.

A figura 57 representa a disjunção anormal dos cromossomas durante a meiose.



57. Disjunção anormal dos cromossomas durante a meiose.

Quando acontecem estas alterações cromossómicas durante a meiose, formam-se gâmetas com um cariótipo anormal. Grande parte dos embriões que provêm da fecundação de gâmetas com anomalias cromossómicas numéricas morre espontaneamente; no entanto, alguns conseguem sobreviver.

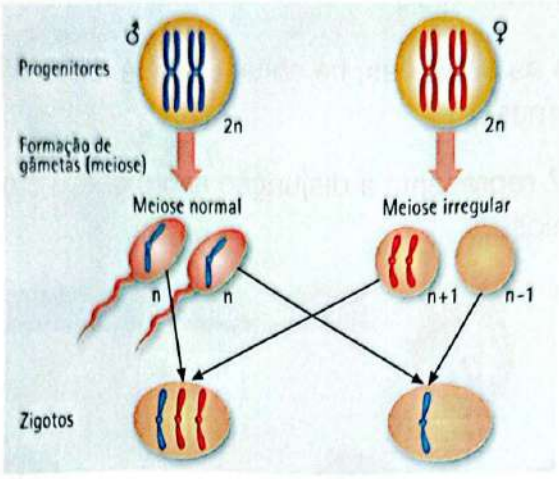
Neste tipo de mutações, utiliza-se o sufixo **somia** para designar a alteração numérica.

Assim, por exemplo, se um indivíduo tem, para um determinado par de cromossomas homólogos, mais um cromossoma (2n+1), a mutação será uma **trissomia**. Por outro lado, se o indivíduo, para um par de cromossomas homólogos, tiver apenas um dos cromossomas (2n−1), a mutação será uma **monossomia**.

Digitalizada com CamScanner

ACTIVIDADE 11 – Mutação

1. Analisa o esquema da figura 58, que representa células de um casal em que um dos membros sofreu uma mutação. Para melhor compreensão, ilustra-se apenas o par de cromossomas envolvidos na mutação.



58.

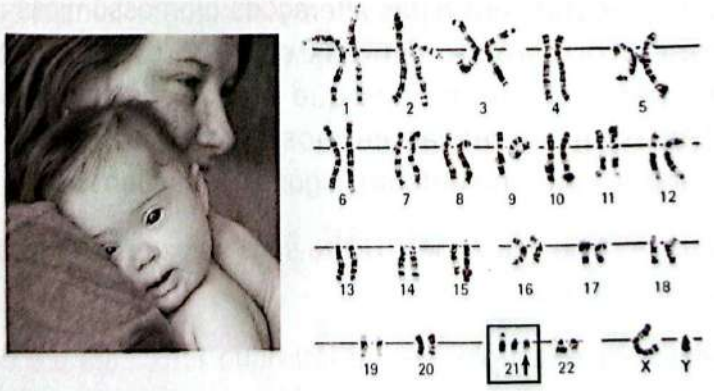
1.1. Como se chama a alteração cromossómica que ocorreu durante a formação dos gâmetas femininos?

1.2. Há probabilidade de este casal ter filhos com cariótipo anormal? Justifica a resposta.

1.3. Identifica os possíveis cariótipos anormais das células dos descendentes.

Mutação cromossómica numérica ao nível dos autossomas – síndroma de Down ou trissomia 21

Langdon Down, em 1866, descreveu esta mutação que resulta da existência de mais um cromossoma no par 21 – **trissomia 21 ou síndroma de Down**. Esta doença manifesta-se por alterações no desenvolvimento físico e intelectual, anomalias nas mãos e nos pés e uma expressão facial característica (maçãs do rosto salientes e olhos oblíquos) (fig. 59).

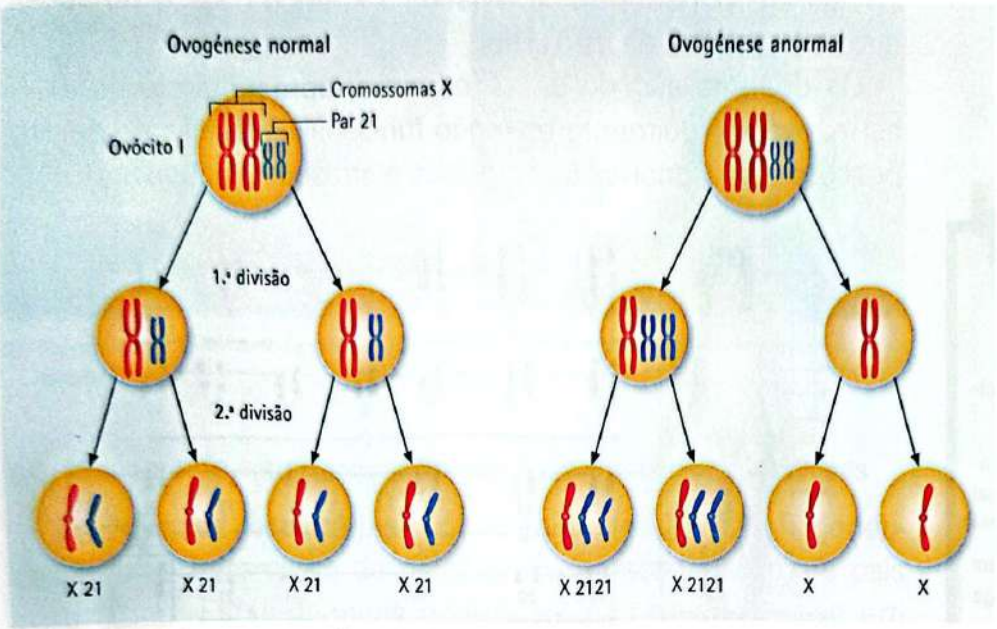


59. A síndroma de Down deriva de uma alteração no número de cromossomas (trissomia 21).

De um modo geral, esta anomalia surge devido à não disjunção dos cromossomas homólogos do par 21 durante a ovogénese. Como consequência disto, formam-se óvulos com os dois cromossomas do par 21 e óvulos com ausência de cromossomas do par 21 (fig. 60).

Digitalizada com CamScanner

Se um dos óvulos que transporta dois cromossomas do par 21 for fecundado por um espermatozóide normal, o zigoto resultante terá, no cariótipo, um total de 47 cromossomas, pois, ao ocorrer o emparelhamento dos cromossomas de origem materna e paterna, o par 21 ficará com três cromossomas, em vez de dois.

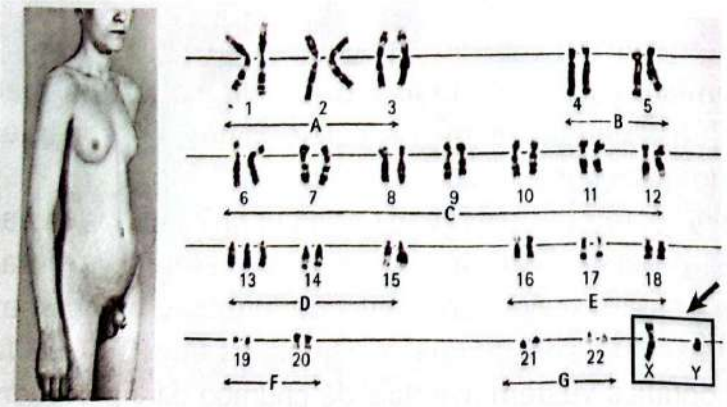


60. Não disjunção dos cromossomas do par 21 durante a ovogénese.

Mutações cromossómicas numéricas ao nível dos cromossomas sexuais – síndroma de Klinefelter e síndroma de Turner

Estas mutações ocorrem quando a não disjunção dos cromossomas acontece ao nível do par de cromossomas sexuais **XY** no homem ou do par **XX** na mulher.

A **síndroma de Klinefelter** é uma trissomia XXY que pode resultar da não separação dos cromossomas XX durante a ovogénese ou da não separação dos cromossomas XY durante a espermatogénese. Os indivíduos portadores desta mutação são do sexo masculino e manifestam geralmente estatura elevada, algumas perturbações mentais e caracteres sexuais secundários femininos (seios desenvolvidos e pouca pilosidade) (fig. 61).



61. Indivíduo portador da síndroma de Klinefelter e respectivo cariótipo.

Digitalizada com CamScanner

A **síndroma de Turner** é uma monossomia X0, pois as portadoras desta mutação têm apenas um cromossoma sexual X. Esta anomalia resulta da não disjunção dos cromossomas sexuais durante a meiose, o que conduz à formação de gâmetas sem cromossomas sexuais. Se um desses gâmetas fecundar um gâmeta portador do cromossoma X, pode originar um indivíduo com a síndroma de Turner.

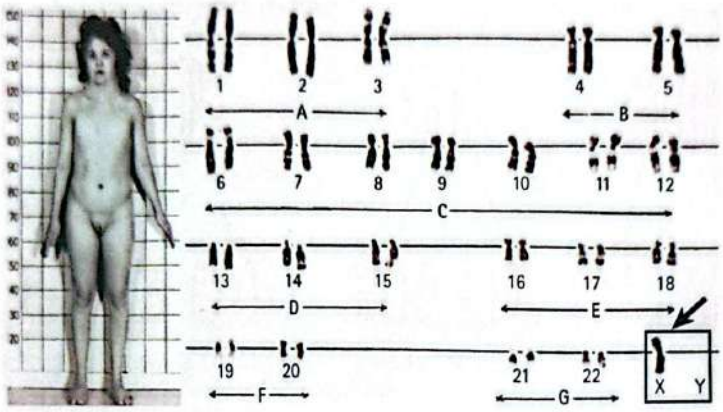
Os doentes são do sexo feminino, apresentando estatura baixa, ovários rudimentares e não funcionais, infantilismo sexual, pescoço alado, anomalias cardíacas e atraso intelectual (fig. 62).

VOCABULÁRIO

Rudimentar: pouco desenvolvido.

Infantilismo sexual: suspensão do desenvolvimento sexual no estádio da infância.

Pescoço alado: pescoço com uma dobra de pele que se liga aos ombros.



62. Indivíduo portador da síndroma de Turner e respectivo cariótipo.

6.3. Agentes mutagénicos

Agente mutagénico é qualquer agente que pode provocar alterações nas células somáticas ou germinativas de um indivíduo que esteve exposto à sua acção. Os efeitos das mutações nas células germinativas dos progenitores são transmitidos aos descendentes.

Na Natureza, a maior parte das mutações surge espontaneamente, devido a erros durante a replicação do DNA. No entanto, também algumas substâncias existentes no meio ambiente podem modificar a sequência de bases na molécula do DNA, originando mutações que alteram a expressão dos genes, formando produtos não desejáveis.

Estes agentes mutagénicos podem ser de natureza:

- **química**, como o formol, o óxido nitroso, certos medicamentos, alguns corantes e conservantes, constituintes do fumo do cigarro, pesticidas e outros;
- **física**, como os raios X, os raios ultravioleta, as radiações beta e gama e outros. Para prevenir eventuais mutações que possam realizar-se a nível de formação dos gâmetas e ser transmitidas aos descendentes, os técnicos que fazem radiografias vestem aventais de chumbo para proteger principalmente o aparelho reprodutor.

Digitalizada com CamScanner

Como exemplos dos efeitos das mutações, referem-se os resultantes dos bombardeamentos atómicos em Nagasáqui e Hiroxima, no Japão, durante a II Guerra Mundial (fig. 63), e dos que resultaram do acidente na central nuclear em Chernobyl, na ex-União Soviética (fig. 64).

63. Nuvem atómica resultante de uma explosão nuclear.

64. Vítimas do desastre de Chernobyl.

6.4. Comparação entre doenças hereditárias e doenças infecciosas

As **doenças hereditárias** são um conjunto de doenças genéticas que se transmitem de geração em geração, isto é, de pais para filhos. Estas doenças podem ou não manifestar-se em algum momento das suas vidas. São exemplo delas a diabetes, a hemofilia, a miopia, as alergias e outras.

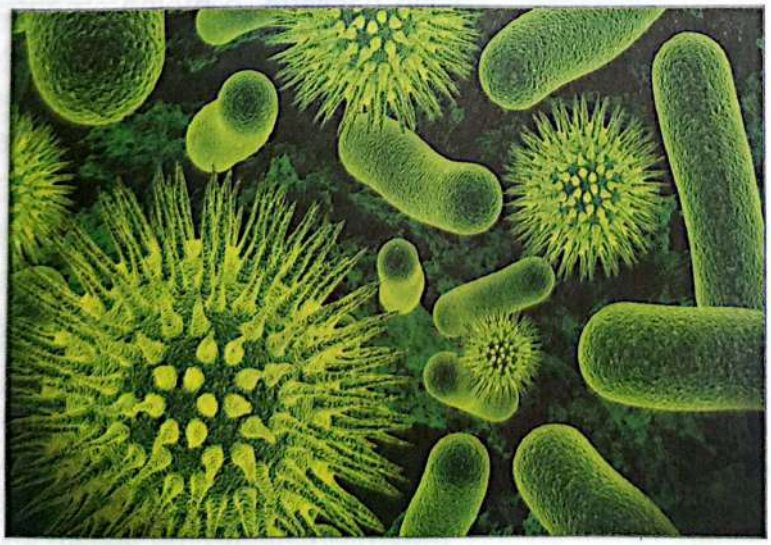
Existem doenças hereditárias que dependem não só dos genes mas também de ambiente favorável para se manifestarem. Outras dependem só dos genes.

No primeiro caso, enquadram-se as alergias. No segundo, a hemofilia, pois manifesta-se independentemente do estilo de vida ou do ambiente em que a pessoa está inserida.

As **doenças infecciosas** são causadas por microrganismos (bactérias, vírus e protozoários) e podem ser contagiosas ou não (fig. 65).

VOCABULÁRIO

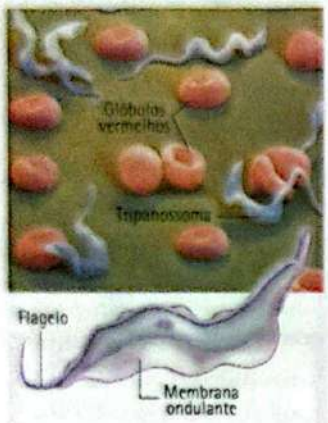
Miopia: anomalia da refracção ocular cujo resultado é a má visão à distância.



65. Os vírus e as bactérias são microrganismos que provocam diversas doenças infecciosas.

Digitalizada com CamScanner

66. O mosquito do género *Anopheles* é o vector do *Plasmodium*, protozoário que pode causar a malária.



67. Tripanossoma é um protozoário que causa a doença do sono.

As doenças infecciosas contagiosas (infecto-contagiosas) são aquelas que são transmitidas de uma pessoa para outra, através do contacto com a pele (sarna), com fluidos corporais (SIDA), com bebidas ou alimentos contaminados (cólera) ou com partículas do ar que contenham microrganismos (tuberculose e gripe).

As doenças infecciosas não contagiosas não são transmitidas directamente de uma pessoa para outra.

Por exemplo, a malária é transmitida pela picada do mosquito portador do protozoário plasmódio (fig. 66). A doença do sono (tripanossomíase) é transmitida pela mosca tsé-tsé, portadora do protozoário tripanossoma (fig. 67).

As mordeduras de animais também podem transmitir doenças. Um indivíduo pode contrair raiva se for mordido por um cão ou por um macaco infectados pelo vírus da raiva.

Outros exemplos de doenças infecciosas não contagiosas são a infecção urinária e a furunculose.

6.5. Aplicação da genética na agricultura, na pecuária e na medicina

68.

As espécies de plantas e de animais que hoje fazem parte da alimentação do Homem têm passado por um processo de melhoramento desde há milhares de anos, muito antes de se conhecerem os mecanismos de hereditariedade nos seres vivos.

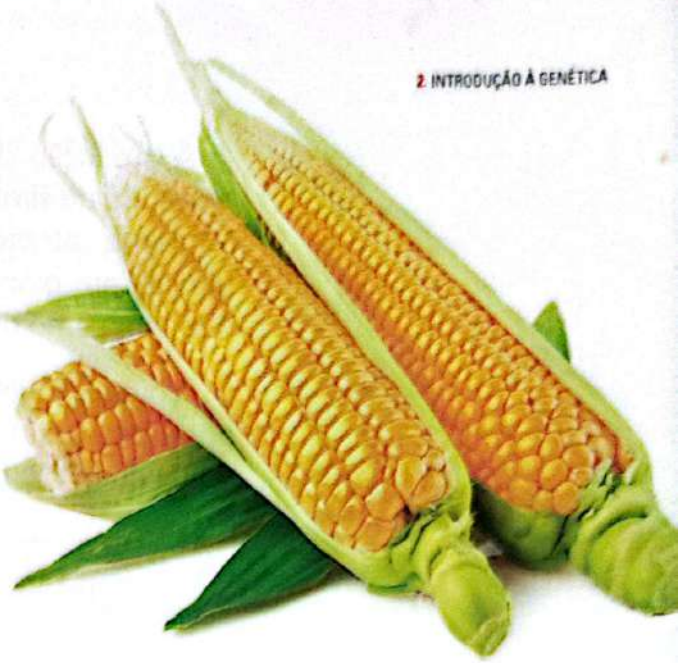
No passado, o melhoramento das espécies era feito intuitivamente. Por exemplo, um camponês, para aumentar o número de grãos de milho na colheita, seleccionava sementes entre os grãos das espigas maiores ou, se desejava aumentar o peso médio das galinhas, seleccionava os indivíduos maiores e mais pesados para reprodutores.

Graças ao desenvolvimento da genética, foi possível verificar que quase todos os atributos de valor económico, nomeadamente a fertilidade de animais e de plantas, o tamanho e o peso dos grãos dos cereais, a produção de carne, de leite e de ovos e a resistência a doenças são condicionados por genes que interagem com factores ambientais.

Digitalizada com CamScanner

Através da engenharia genética, os genes são transferidos de umas células para as outras, as quais ficam geneticamente modificadas. Deste modo, caracteres hereditários de uns seres vivos passam para outros muito diferentes.

Novos genes são introduzidos no genoma de animais e plantas, com a finalidade de os modificar, tornando-os mais resistentes a uma dada doença, ou adaptados a novos ambientes, ou mais rentáveis. Estes seres, geneticamente modificados, denominam-se seres transgénicos.



69. A engenharia genética permite a manipulação de muitos alimentos.

A aplicação da genética nas plantas é imensa e tem em vista melhorar as características agronómicas, tais como:

- **Resistência a insectos** – as pragas de insectos representam uma ameaça constante às culturas, obrigando a repetidas pulverizações com insecticidas em cada época de cultura, o que aumenta os custos de produção e provoca poluição ambiental. A utilização de plantas resistentes a insectos faz, assim, diminuir o custo de produção e os riscos de poluição ambiental.
- **Resistências a herbicidas** – as plantas infestantes provocam redução da produção das culturas agrícolas. Para controlar o seu crescimento é necessário usar herbicidas. No entanto, estes só podem ser aplicados antes da sementeira, pois também são tóxicos para as culturas.
  Cultivando plantas resistentes a herbicidas, o controlo das infestantes é mais eficaz, aumentando por isso a produção.
- **Resistência a condições adversas do ambiente** – as plantas estão fixas ao solo e este seu estado de imobilidade sujeita-as a todo o tipo de condições ambientais extremas, tais como: temperatura alta ou baixa, luz solar intensa, alagamento, secura e outras.
  A cultura de plantas resistentes a diferentes condições adversas permite a utilização de terrenos não aproveitados e aumenta a produtividade, beneficiando as populações pobres de países com condições climáticas desfavoráveis.
- **Melhoramentos das qualidades nutritivas** – praticamente, todos os nutrientes essenciais à alimentação humana podem ser obtidos a partir de uma dieta vegetal. Contudo, uma dieta simples baseada quase exclusivamente na ingestão de cereais (arroz, trigo e milho), como acontece em muitos países em desenvolvimento, origina graves deficiências nutritivas.

VOCABULÁRIO

Agronomia: ciência que se dedica ao estudo da agricultura.

Infestantes: que invadem, causando doenças e estragos.

Adversas: desfavoráveis.

Digitalizada com CamScanner

A produção de variedades transgénicas de arroz com níveis elevados de **ferro e de vitamina A** (cuja falta provoca, respectivamente, atraso no desenvolvimento intelectual e cegueira) diminui em grande parte as carências nutritivas nas populações que têm como base alimentar o arroz.

A produção de plantas com níveis nutritivos maiores constitui, portanto, um meio de aumentar o consumo equilibrado dos nutrientes essenciais por parte da população.

70. A aplicação da engenharia genética pode contribuir para o melhoramento e produção de novos alimentos.

VOCABULÁRIO

Pecuária: actividade ou indústria de criação e tratamento de gado.

Na pecuária, a aplicação da genética também constitui uma ferramenta essencial para gerar benefícios para a humanidade.

Durante vários séculos, os produtores têm seleccionado várias raças e linhagens de animais domésticos, a fim de aumentar a frequência de genes favoráveis economicamente. Este tipo de selecção é muito lento, pois é necessário esperar o crescimento dos animais até à idade de procriação. No caso dos bovinos, que demoram quatro anos a atingir esta idade, um programa de melhoramento tradicional envolve décadas de trabalho, e pode não alcançar os objectivos pretendidos.

A engenharia genética resolve muitos dos problemas dos métodos tradicionais de melhoramento das espécies com vista à obtenção de animais resistentes a picadas de insectos e carraças, mais férteis, maiores ou com carne de melhor qualidade. Uma das técnicas, utilizada em mamíferos, é a da transgénese, e consiste em introduzir o gene seleccionado num óvulo fecundado. Por exemplo, um gene que é frequentemente seleccionado para ser colocado num óvulo fecundado do coelho, cabra ou vaca é o da hormona de crescimento. O resultado é uma aceleração no crescimento destes

Digitalizada com CamScanner

animais (transgénicos), que atingem um tamanho superior relativamente aos animais em que não se aplicou a técnica.

No campo da medicina, a genética ocupa um papel importante, principalmente na prevenção de doenças hereditárias e no fabrico de produtos farmacêuticos.

A prevenção das doenças hereditárias dos seres humanos depende da determinação do genótipo dos progenitores. Existem exames bioquímicos que permitem detectar a existência de determinados genes nos indivíduos. Conhecendo-se o genótipo do casal ou dos seus ancestrais e parentes, pode-se estimar a probabilidade de o homem ou a mulher serem portadores de genes causadores de doenças ou de virem a ter filhos afectados pela doença.

Na indústria farmacêutica, a engenharia genética tem uma importância fundamental na transformação de bactérias para a produção de medicamentos, hormonas e outros (fig. 71).

71. Aplicação da engenharia genética na produção de medicamentos.

A engenharia genética tem um campo de acção muito vasto. Através dela, é possível alterar o genoma de microrganismos, de células vegetais e de células animais para benefício da humanidade em inúmeras áreas. Contudo, esta potencialidade enorme da engenharia genética tem provocado preocupações e receios de eventuais perigos que possam recair para o ambiente e para a sociedade. Para travar a aplicação desenfreada desta tecnologia e salvaguardar o equilíbrio global da biosfera, muitos governos criaram regulamentos com normas de segurança em biologia e biotecnologia.

Digitalizada com CamScanner

SABER +

QUERES SABER MAIS?

- **A fenilcetonúria é uma doença cujas consequências podem ser evitadas.**
Esta doença resulta de uma mutação génica. Os indivíduos normais possuem o gene que determina a síntese de uma enzima que permite a conversão da fenilalanina (aminoácido que faz parte da maioria das proteínas alimentares) em tirosina. O indivíduo afectado pela doença possui genes que codificam uma enzima não funcional, o que significa que a fenilalanina não é transformada e acumula-se no sangue, perturbando o desenvolvimento do cérebro da criança.
Hoje em dia, a doença pode ser evitada através de um diagnóstico precoce que se faz através de uma picadela no pé de uma criança, três dias após o nascimento. Se, depois dos testes laboratoriais ao sangue, os resultados forem positivos, a criança inicia imediatamente uma dieta apropriada com alimentos sem fenilalanina.

- **As aberrações cromossómicas desempenham importante papel na evolução das espécies.** Rearranjos cromossómicos provocam aparecimento de novos genótipos, que podem conduzir à origem de novas espécies isoladas reprodutivamente da espécie original.

- **Os genes e o ambiente**
De que maneira podem as condições ambientais influenciar o fenótipo de um indivíduo?
Se dois gémeos monozigóticos (com genes idênticos), nascidos em Moçambique, forem separados à nascença e um deles for criado na China, falará mandarim, enquanto o seu irmão, criado em Inglaterra, falará inglês. Cada um deles terá absorvido a cultura e os costumes do ambiente em que cresceu. A alimentação foi diferente, a música que aprendeu foi diferente, um pode ter praticado exercício físico, outro não. Embora com genes idênticos, haverá diferenças entre eles e também em relação aos seus progenitores.
Estas diferenças são devidas apenas ao ambiente. Características genéticas, como a cor dos olhos e a forma do cabelo, não terão sofrido alteração.
O genótipo é uma característica fixa de um indivíduo; permanece constante toda a vida e praticamente sem alteração por efeitos ambientais.
A maior parte dos fenótipos muda continuamente durante a vida de um organismo, à medida que os seus genes interagem com os diferentes ambientes.
Algumas características, como a inteligência ou a diabetes, desenvolvem-se ao longo da história da vida de um indivíduo e são determinadas tanto pelos genes como pelo ambiente.
Cada pessoa herda apenas os genes, não o produto final de seu desenvolvimento individual.

72. Gémeos.

Digitalizada com CamScanner

SÍNTESE

- **Mutação** é uma modificação ou alteração brusca de genes ou de cromossomas que pode originar variação hereditária ou mudança no fenótipo do indivíduo.
- As mutações ocorrem em células somáticas ou germinativas e podem ser de dois tipos: **génicas** e **cromossómicas**.
- As mutações **génicas** atingem um ou alguns pares de bases azotadas.
- As mutações **cromossómicas** afectam a estrutura ou o número de cromossomas.
- As mutações podem ocorrer espontaneamente ou ser induzidas por agentes mutagénicos físicos ou químicos.
- **Doenças hereditárias** são doenças genéticas que se transmitem de geração em geração, isto é, de pais para filhos.
- **Doenças infecciosas** são doenças causadas por microrganismos (bactérias, vírus e protozoários).
- A **engenharia genética** constitui uma das grandes descobertas de biotecnologia do século XX. Através dela, é possível intervir na molécula de DNA, modificando-a, isolando genes de um organismo e introduzindo-os noutro organismo. Esta tecnologia tem aplicações importantes na medicina, na agricultura e pecuária.

AUTO-AVALIAÇÃO

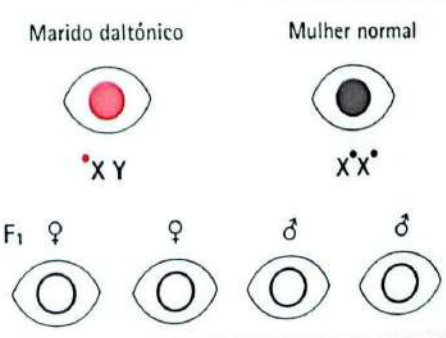
1. A cor dos olhos em *Drosophila* é determinada por um gene ligado ao sexo, localizado no cromossoma X. O gene dominante A determina a cor vermelha e o seu alelo recessivo determina a cor branca (na *Drosophila*, a fêmea é XX e o macho é XY). Numa experiência laboratorial cruzou-se uma mosca fêmea heterozigótica com um macho de olhos brancos.

   1.1. Representa o cruzamento indicado.

   1.2. Diz qual é a proporção fenotípica e a proporção genotípica dos machos e fêmeas resultantes deste cruzamento, no que se refere à cor dos olhos.

2. A figura 73 refere-se a quatro crianças que nasceram do casamento de um homem daltónico com uma mulher normal.

   O fenótipo para a visão normal está representado por um círculo preto e o fenótipo para o daltonismo está representado por um círculo vermelho.



73.

Digitalizada com CamScanner

2.1. Completa a figura 73 indicando os genótipos dos filhos e representando o fenótipo de cada um segundo o mesmo processo que se usou para os pais.

2.2. Constrói uma figura idêntica que corresponda ao casamento de um homem daltónico com uma mulher portadora.

3. O António escreveu o seguinte:

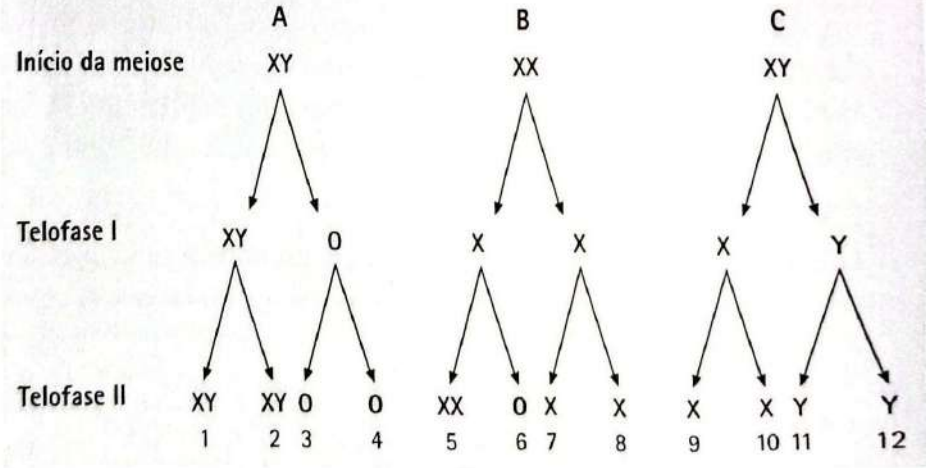
"Tenho um filho hemofílico, que herdou a doença da família. O meu sogro também sofria de hemofilia. Os meus cunhados, João e Luís, não têm essa doença, mas o meu sobrinho, filho da minha cunhada Amélia, é hemofílico. O filho da irmã desse meu sobrinho também tem hemofilia."

3.1. Representa a árvore genealógica desta família usando os símbolos representados na figura 74.

74.

3.2. Assinala na árvore genealógica o autor da narração anterior.

4. A figura 75 representa diferentes movimentos dos cromossomas sexuais durante a meiose.



75.

4.1. Indica os esquemas em que:

a) ocorreu disjunção na anafase I, mas não ocorreu na anafase II;

b) as duas divisões foram normais;

c) não houve disjunção na anafase I;

d) se formaram gâmetas com n+1 cromossomas;

e) se formaram gâmetas com n−1 cromossomas.

Digitalizada com CamScanner

4.2. Supõe que o gâmeta 1 é fecundado pelo gâmeta 7.

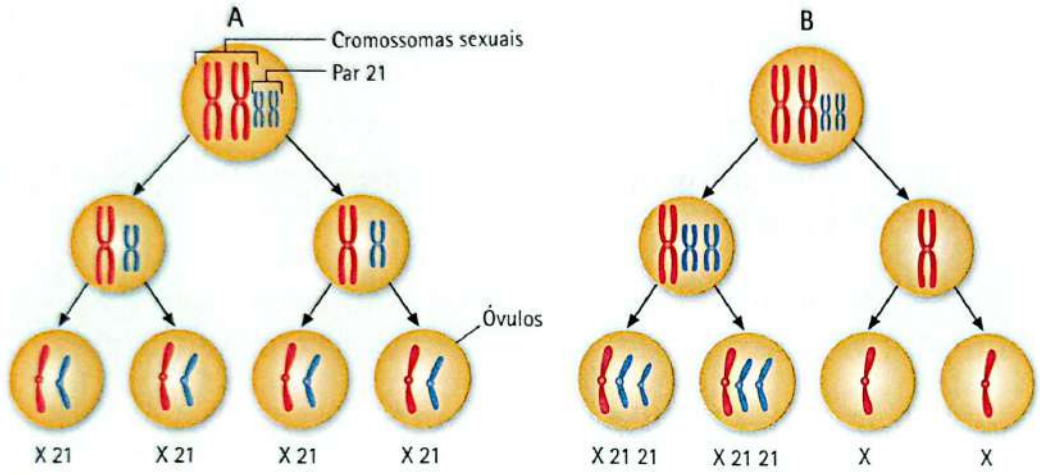
4.2.1. Como designas a anomalia que apresenta o indivíduo resultante desse ovo?

4.2.2. Indica duas características desse indivíduo.

4.3. Qual é o resultado da fecundação do gâmeta 2 com o gâmeta 6?

4.4. Indica um cruzamento que possa originar um indivíduo com síndroma de Turner.

5. Nos esquemas da figura 76 estão representados os cromossomas sexuais e os cromossomas do par 21 da célula reprodutora feminina.



76.

5.1. Indica o processo celular que está na base da formação dos gâmetas femininos.

5.2. Dos esquemas A e B, qual é o que representa uma ovogénese normal?

5.3. De acordo com os dados dos esquemas, consideras possível que uma mulher com uma ovogénese semelhante à representada no esquema B venha a ter filhos com cariótipo normal? Justifica a tua resposta.

5.3.1. Refere os possíveis cariótipos dos filhos.

5.3.2. Identifica as anomalias que poderão afectar os filhos dessa mulher.

Digitalizada com CamScanner

2 AVALIAÇÃO FINAL

Questões gerais

1. Por que razão ficou o trabalho de Mendel esquecido durante mais de 30 anos?

2. A ervilheira é uma planta adequada para o estudo da genética.

   Cita quatro aspectos que confirmam esta afirmação, explicando-os em poucas palavras.

3. Por que razão foi Mendel o primeiro investigador a obter sucesso nos seus trabalhos sobre hereditariedade?

4. Distingue alelos dominantes de alelos recessivos.

5. Onde se localizam os factores descobertos por Mendel?

6. A partir dos resultados de um cruzamento efectuado, Mendel exprimiu a sua primeira lei.

   6.1. Explica em que consistiu esse cruzamento.
   6.2. Enuncia a 1.ª Lei de Mendel.

7. Explica o significado de fenótipo e genótipo.

8. O que é um cruzamento-teste? Qual é a sua utilidade?

9. Quais são os gâmetas que uma ervilheira cujo genótipo é VvRr pode formar?

10. A planta referida na pergunta anterior é mono-híbrida ou di-híbrida? Justifica.

11. Caracteriza a descendência obtida a partir de um cruzamento em que há dominância incompleta dos genes alelos.

Digitalizada com CamScanner

12. Faz corresponder a cada uma das síndromas a seguir referidas a letra que, na chave, as identifica.

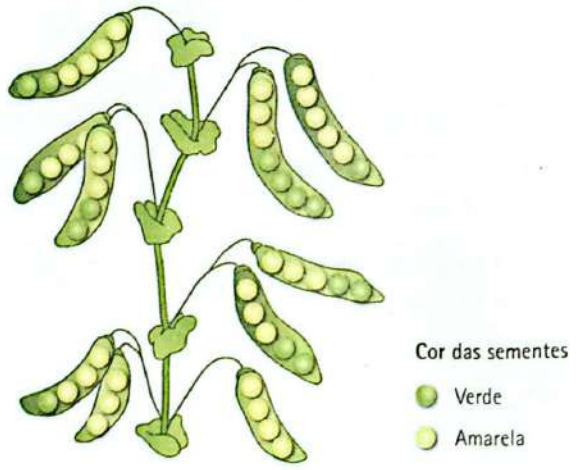
SINDROMAS	CHAVE
1. Síndroma de Down	A. Monossomia X
2. Síndroma de supermasculinidade	B. Trissomia XXY
3. Síndroma de Turner	C. Trissomia XYY
4. Síndroma de Klinefelter	D. Trissomia 21

Exercícios de mono-hibridismo

Nota: Se não houver indicação da letra a atribuir aos genes, selecciona a que te parecer adequada.

1. A figura 77 representa uma ervilheira com sementes que se distinguem pela cor. Os genótipos dos progenitores, responsáveis pelas proporções dos fenótipos encontrados, devem ter sido (selecciona a opção correcta):

A. AA × AA. ☐
B. AA × Aa. ☐
C. AA × aa. ☐
D. Aa × Aa. ☐
E. Aa × aa. ☐



77.

2. Cruzando indivíduos de linhas puras em relação a uma dada característica, Mendel obteve uma primeira descendência (F_1) uniforme.

2.1. Qual é o fenótipo da F_1?

2.2. Como se chama a característica que "aparece" na F_1? Como se representa?

2.3. Como se chamam os "factores" responsáveis pela mesma característica?

Digitalizada com CamScanner

78. Rato normal.

3. O rato "dançarino" apresenta um comportamento especial: faz piões à medida que persegue a cauda. Sabe-se que este comportamento é codificado por um gene recessivo relativamente ao comportamento normal. Cruzou-se um rato normal com um rato "dançarino" e alguns descendentes apresentavam comportamento normal e outros dançavam.

3.1. Indica o genótipo dos progenitores.

3.2. Indica as proporções fenotípicas obtidas na descendência.

3.3. Indica o tipo de descendência esperada se um rato normal desta descendência for cruzado com um rato "dançarino".

4. Assinala a opção correcta.

O gene autossómico que condiciona pêlo curto no coelho é dominante em relação ao gene que determina pêlo longo. Do cruzamento entre coelhos heterozigóticos nasceram 480 coelhinhos, dos quais 360 tinham pêlo curto. Entre estes coelhinhos de pêlo curto, o número de heterozigóticos esperado é:

A. 180. ☐ D. 20. ☐

B. 240. ☐ E. 360. ☐

C. 90. ☐ F. Nenhuma das anteriores. ☐

5. Um gene dominante R determina a textura pêlo de arame nos cães. O seu alelo recessivo r produz pêlo liso e macio. Um cruzamento entre uma fêmea de pêlo liso e macio com um macho de pêlo de arame produziu a seguinte descendência: dois cachorros com pêlo de arame e seis cachorros de pêlo liso e macio.

5.1. Quais são os genótipos dos progenitores em causa?

5.2. Calcula a proporção esperada para cada um dos fenótipos dos descendentes.

5.3. Dos oito cachorros que nasceram, quantos se esperariam, teoricamente, com pêlo de arame?

5.4. Os descendentes da F_1 com pêlo de arame foram cruzados entre si. Obteve-se, quanto ao genótipo (selecciona a opção correcta):

A. 25% de cachorros homozigóticos e 75% de cachorros heterozigoticos.

B. 50% de cachorros homozigóticos e 50% de cachorros heterozigóticos.

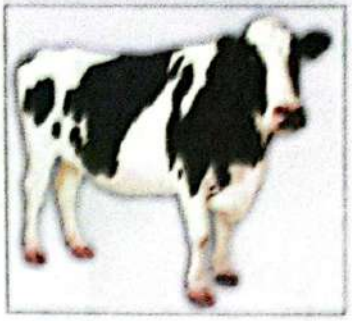
C. 25% de cachorros homozigóticos dominantes e 75% de cachorros heterozigóticos.

D. 75% de cachorros homozigóticos e 25% de cachorros heterozigóticos.

5.4.1. Justifica a tua resposta recorrendo ao xadrez mendeliano.

Digitalizada com CamScanner

6. O gado Holstein é, normalmente, preto e branco. Charlie, um touro preto e branco, foi comprado, por uma importância muito elevada, por um criador que o queria utilizar como reprodutor na sua criação de gado. Toda a descendência de Charlie era de aspecto normal. No entanto, alguns dos descendentes, quando cruzados entre si, produziram bezerros vermelhos e brancos com uma frequência de cerca de 25%. Charlie foi afastado da lista de reprodutores Holstein.



79. Touro Holstein.

Explica o que aconteceu, utilizando quadrados de Punnett.

7. Em carneiros, a produção de lã preta é devida ao alelo recessivo p e a de lã branca ao alelo dominante P. Do cruzamento de 2 animais brancos originou-se um carneiro preto, que é retrocruzado com a mãe.

Qual é a probabilidade de nascer um animal branco a partir desse retrocruzamento? Justifica a tua resposta.

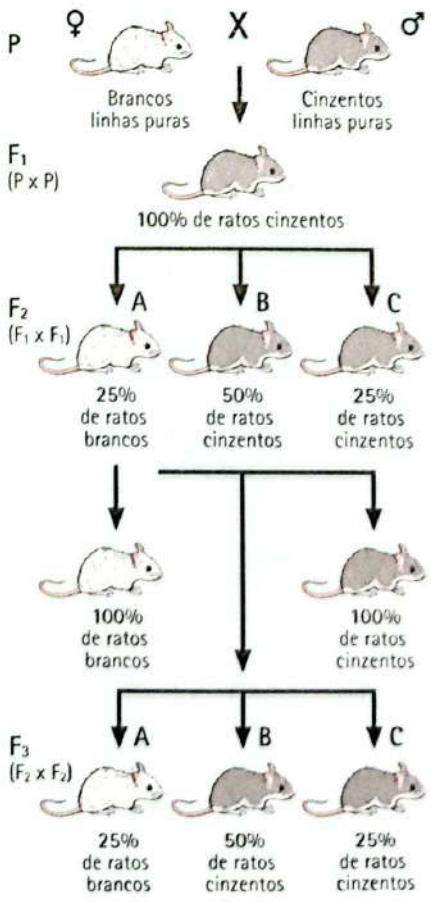
8. A figura 80 esquematiza os cruzamentos efectuados entre ratos brancos e ratos cinzentos de gerações sucessivas, com início num casal de linhas puras. A geração F_2 é obtida por cruzamentos de indivíduos da F_1; a geração F_3 é obtida por cruzamentos dos indivíduos B da geração F_2.

8.1. Indica o genótipo dos indivíduos representados.

8.2. Qual é a diferença entre os ratinhos B e C, ambos cinzentos, da geração F_2?

8.3. Recorrendo ao xadrez mendeliano, justifica as percentagens obtidas na F_1, F_2 e F_3.

8.4. Se os indivíduos A e B da F_3 fossem cruzados, de que cor seriam os ratinhos da descendência?



80.

Digitalizada com CamScanner

Exercícios de di-hibridismo

81. Cavalo castanho.

1. Nos cavalos, a cor negra é devida ao gene dominante B e a cor castanha ao seu alelo b. O carácter "trotador" é devido ao gene dominante T e o "marchador" ao alelo recessivo t.

1.1. Que tipos de descendentes resultam do cruzamento de um trotador negro homozigótico com um marchador castanho?

1.2. Como serão os descendentes de dois animais F_1 cruzados entre si e em que proporções deverão aparecer?

2. Em coelhos, a pelagem preta é condicionada por um gene dominante B e a pelagem cinzenta pelo seu alelo recessivo b. A pelagem comprida (normal) é determinada pelo gene dominante R e a pelagem curta (rex) pelo alelo recessivo r.

2.1. Esquematiza os resultados obtidos na F_1 de um cruzamento entre um coelho homozigótico preto com pelagem comprida e um coelho cinzento rex.

2.2. A partir do cruzamento acima, que proporção de coelhos pretos com pelagem comprida da F_2 se espera que seja homozigótica para ambos os pares de genes?

3. Tomateiros altos são condicionados por um gene dominante D e plantas baixas pelo alelo recessivo d. Caules peludos são produzidos pelo gene dominante H e caules sem pêlos pelo alelo recessivo h.

3.1. Que tipos de descendentes resultam do cruzamento de uma planta alta, de caule peludo, homozigótica, com uma planta baixa, de caule sem pêlo?

3.2. Como serão os descendentes de dois indivíduos da F_1 cruzados entre si, e em que proporção deverão aparecer?

4. Nos morangueiros surgem plantas altas e anãs e os caules podem ser peludos ou sem pêlos. Cruzaram-se entre si morangueiros altos e peludos, tendo-se obtido na descendência os seguintes resultados:

ALTOS E PELUDOS	ALTOS E SEM PÊLOS	ANÕES E PELUDOS	ANÕES E SEM PÊLOS	TOTAL DOS INDIVÍDUOS OBTIDOS
2018	672	671	223	3584

4.1. Quais são as características dominantes? Justifica a tua resposta.

Digitalizada com CamScanner

4.2. Indica os genótipos dos progenitores e o significado dos símbolos utilizados.

4.3. Os resultados obtidos neste cruzamento estão de acordo com alguma das leis de Mendel? Justifica a tua resposta.

5. Nos suínos existem cascos indivisos (F) e cascos fendidos (f). Outro par cromossómico determina a cor do pelo, que pode ser branca (P) ou preta (p).

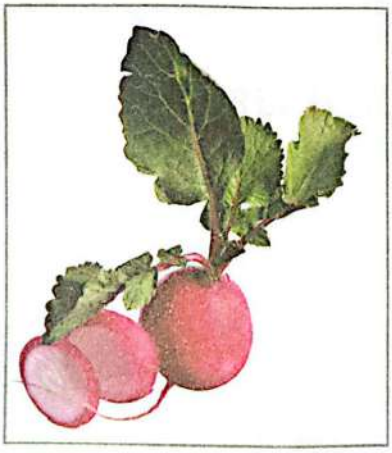
Um porco branco de cascos indivisos foi cruzado com fêmeas genotipicamente iguais entre si e fenotipicamente iguais ao macho. Entre as várias ninhadas obtidas, foram vendidos apenas os porquinhos pretos de cascos fendidos, que eram nove.

5.1. Quantos porquinhos se espera que tenham nascido ao todo?

5.2. Quantos porquinhos, do total nascido, se espera que sejam genotipicamente idênticos ao pai, quanto aos genes considerados?

Exercícios de dominância incompleta/codominância

1. A forma dos rabanetes pode ser comprida (LL), arredondada (RR) ou ovalada (LR).



82. Rabanetes.

Se rabanetes compridos forem cruzados com rabanetes arredondados, permitindo que a F_1 se cruze ao acaso entre si, que proporções fenotípicas e genotípicas podemos esperar na geração F_2?

2. Cruzando duas linhagens puras de plantas, uma com flores amarelas e outra com flores vermelhas, a F_1 é toda cor-de-laranja. Quando a F_1 é autofecundada, a F_2 mostra os seguintes resultados: cor-de-laranja – 182; amarela – 73; vermelha – 89.

2.1. Como explicas este resultado?

2.2. Como podes determinar que a tua explicação é verdadeira?

Digitalizada com CamScanner

Camaleão-pantera (*Furcifer pardalis*)

Digitalizada com CamScanner

3 EVOLUÇÃO

1.
EVOLUÇÃO

2.
TEORIA CIENTÍFICA SOBRE A ORIGEM DA VIDA

3.
FACTORES DE EVOLUÇÃO

4.
PROVAS DA EVOLUÇÃO

Digitalizada com CamScanner

3 EVOLUÇÃO

1. Evolução

DESCOBRE

- Qual é a teoria mais aceite no mundo científico relativamente à origem da vida?
- Qual é a grande diferença entre o fixismo e o evolucionismo?
- Quais são os factores de evolução?
- Quais são as provas da evolução?

A ideia da evolução não surgiu espontaneamente. Ela resultou de um lento processo, ao longo do qual muitos cientistas foram tomando consciência de que a vida tem uma história contínua, escrita pelos seres vivos que se foram transformando e povoando gradualmente a Terra.

Da visão de uma Natureza **imutável** (Natureza que não muda) transitou-se, ao longo do tempo, para a visão de uma Natureza dinâmica e variável.

2. Teoria científica sobre a origem da vida

Como terá surgido a vida no nosso planeta?

Ao longo dos séculos, o Homem sempre tentou responder a esta pergunta quer através da fé quer por meio de uma hipótese científica.

1. Alexandr Oparin.

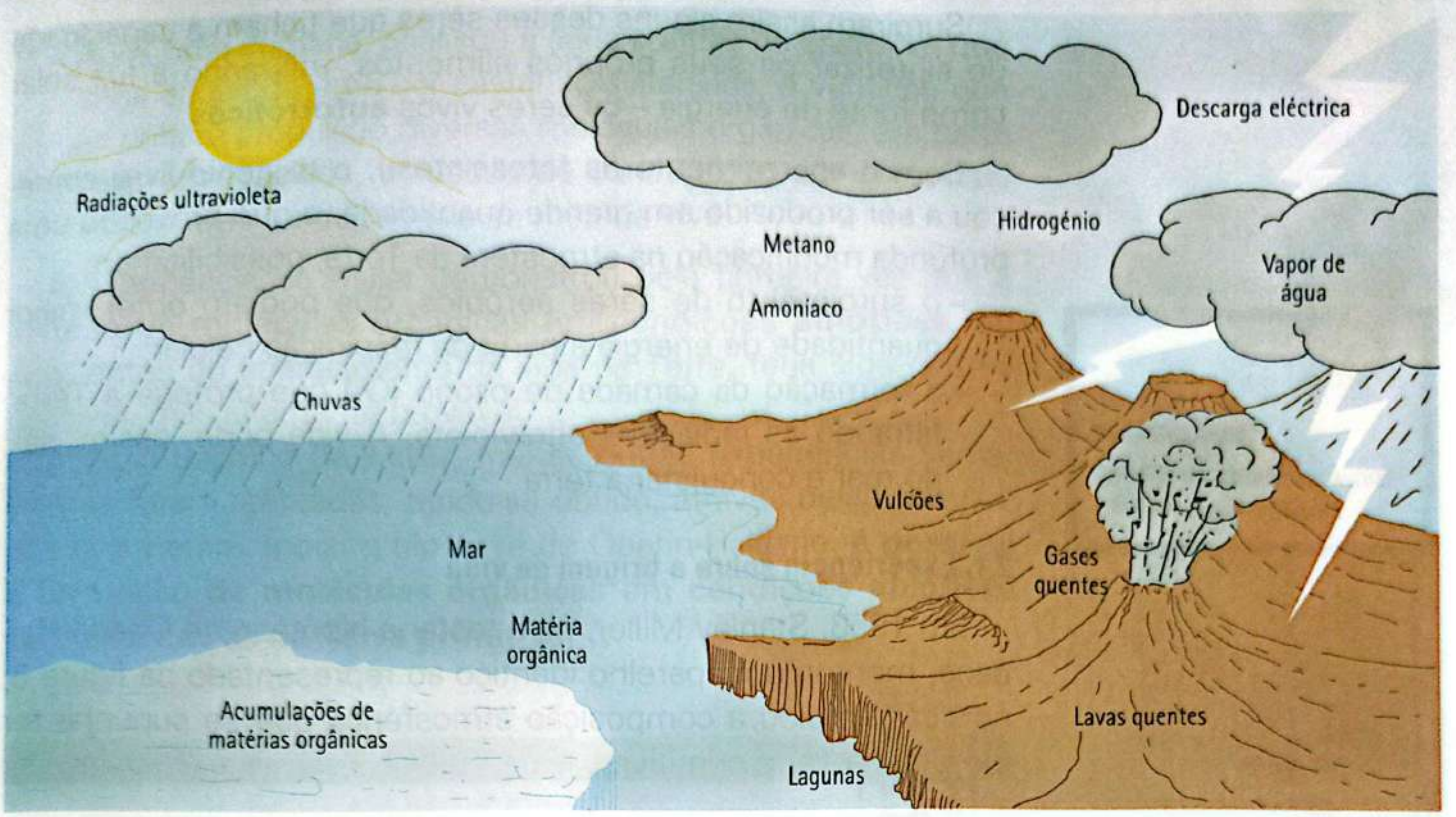
2. John Haldane.

Dados obtidos a partir de diversos campos da ciência permitiram que, em 1929, os cientistas **Alexandr Oparin** (russo) (fig. 1) e **John Haldane** (inglês) (fig. 2) formulassem uma hipótese que tentava explicar a origem da vida na Terra.

Esta hipótese sugeria o seguinte processo:

- A atmosfera primitiva continha, para além de outros gases, **metano**, **amoníaco**, **hidrogénio** e **vapor de água**. Esta mistura era continuamente atingida por relâmpagos e atravessada por raios ultravioleta do Sol, o que originava a quebra de algumas moléculas e a síntese de determinados compostos orgânicos.
- Durante os violentos temporais que se abatiam sobre a Terra, esses compostos formados na atmosfera primitiva eram levados pela água da chuva para os oceanos primitivos, onde se acumularam, formando um caldo de substâncias orgânicas, a "**sopa primitiva**", que constituiu o ponto de partida para a origem da vida (fig. 3).

Digitalizada com CamScanner

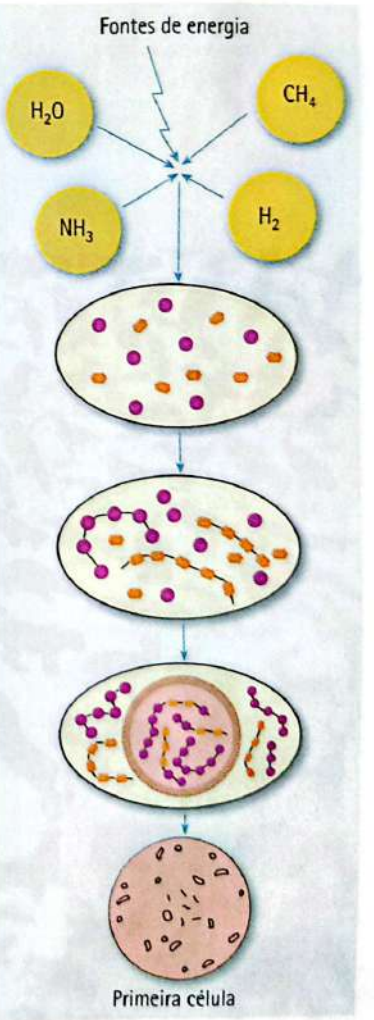


3. Representação do ambiente primitivo da Terra.

– Um processo de evolução química conduziu à formação de moléculas orgânicas mais complexas, que se teriam agregado, constituindo estruturas pré-celulares, os **coacervados**, isoladas do meio por "membranas" rudimentares e capazes de manter a sua organização durante algum tempo.

– Esses agregados pré-celulares poderiam evoluir, crescendo e reproduzindo-se dentro da água dos oceanos, dando origem às primeiras células (fig. 4).

Com pequenas alterações, esta hipótese é utilizada até agora pelos cientistas para explicar a origem da vida na Terra.



4. Origem das células.

Como se alimentavam os primeiros seres vivos?

Os primeiros seres vivos, que seriam muito simples, obtinham o alimento a partir das substâncias orgânicas do caldo onde se encontravam. Eram, por isso, **heterotróficos**, devendo usar um processo de obtenção de energia semelhante à fermentação, sem precisarem de oxigénio. Mas, à medida que a quantidade destas substâncias diminuía, a competição aumentava e a vida poderia extinguir-se.

Qualquer variação do metabolismo que conduzisse à obtenção de energia de uma forma diferente seria favorável para a sobrevivência dos seres que a apresentassem.

Digitalizada com CamScanner

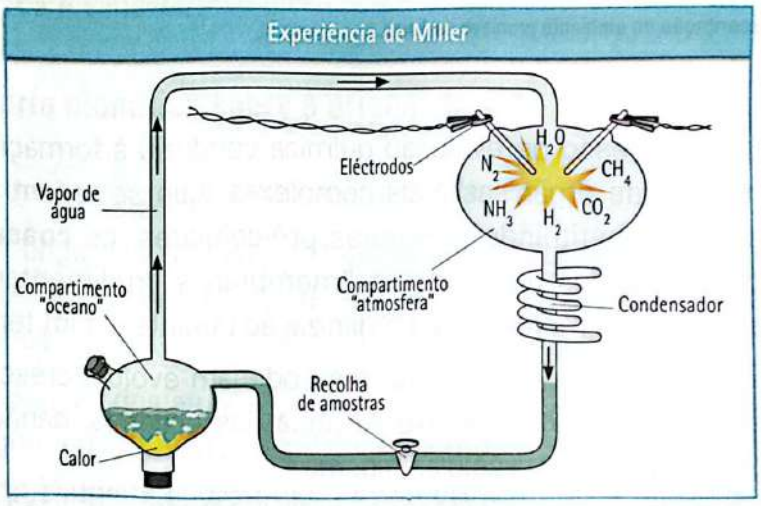
Surgiram assim alguns desses seres que tinham a capacidade de sintetizar os seus próprios alimentos, utilizando a luz solar como fonte de energia – os seres vivos **autotróficos**.

Com o aparecimento da fotossíntese, o oxigénio livre começou a ser produzido em grande quantidade, o que provocou uma profunda modificação na atmosfera da Terra, possibilitando:

- o surgimento de seres aeróbios, que podiam obter maior quantidade de energia a partir da respiração celular;
- a formação da camada de ozono (O_3) que protege a Terra, filtrando as radiações ultravioleta. A vida pôde, assim, sair do mar e conquistar a terra.

2.1. Experiência sobre a origem da vida

Em 1953, Stanley Miller, para testar a hipótese de Oparin-Haldane, montou um aparelho idêntico ao representado na figura 5, no qual simulou a composição atmosférica que se supunha ter existido na Terra primitiva.



5. Esquema do dispositivo experimental utilizado por Stanley Miller.

Miller procedeu da seguinte forma:

- Colocou água no balão do aparelho e, depois de lhe ter retirado o ar, introduziu nele uma mistura de metano, amoníaco e hidrogénio.
- Aqueceu a água do balão e manteve-a em ebulição, produzindo vapor de água, que assegurava a circulação da mistura de gases.
- A mistura gasosa passava por um outro balão, onde era submetida, durante uma semana, a descargas eléctricas de alta voltagem.
- Um condensador arrefecia os gases e o vapor de água condensava-se, tal como sucedia nas grandes altitudes da atmosfera na Terra.

Digitalizada com CamScanner

– Após uma semana, analisou a água contida no aparelho, que tinha adquirido uma cor castanho-alaranjada, e verificou que se tinham produzido diversas moléculas orgânicas, em particular aminoácidos, unidades de constituição das proteínas, substâncias fundamentais da matéria viva.

A experiência de Miller demonstrou pela primeira vez que a síntese de moléculas orgânicas em condições **abióticas**, ou seja, antes do aparecimento da vida na Terra, teria sido não só possível, mas altamente provável.

Após o trabalho de Miller, muitas outras experiências semelhantes foram realizadas, tendo-se obtido, através delas, resultados que vieram apoiar a hipótese de Oparin-Haldane: **é possível a formação de moléculas orgânicas em condições abióticas semelhantes às da Terra primitiva**.

VOCABULÁRIO

Condições abióticas: condições em que não há vida.

ACTIVIDADE 1 – Experiência de Miller

1. Observa a figura 5 da página anterior e responde às seguintes questões.

1.1. Que condições da Terra primitiva procurou o investigador simular neste aparelho?

1.2. Qual é a hipótese que Miller pretendia testar?

1.3. Por que é importante que a mistura gasosa circule na montagem?

2.2. Teorias sobre a origem e evolução dos seres vivos

A explicação da origem e da diversidade dos seres vivos é um assunto complexo. Não existem dados suficientes do passado a que se possa recorrer, limitando a pesquisa experimental.

Por isso, várias hipóteses acerca da origem dos seres vivos foram surgindo ao longo dos séculos, fortemente influenciadas por princípios religiosos, filosóficos e culturais.

Em termos gerais, podem considerar-se duas hipóteses para justificar a origem os seres vivos:

– hipótese **fixista** ou **fixismo**: as espécies são imutáveis;

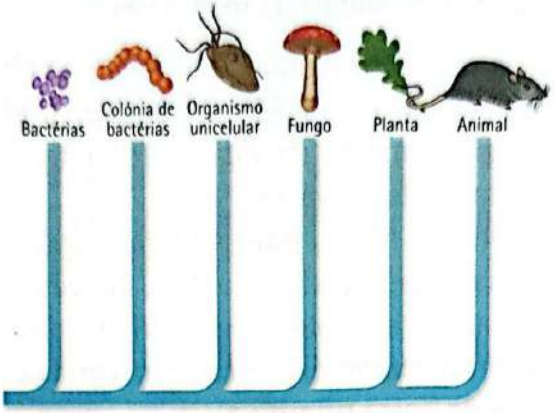
– hipótese **evolucionista** ou **evolucionismo**: as espécies actuais são o resultado de lentas modificações que ocorreram nos seres vivos e se foram acumulando ao longo do tempo (fig. 6).

6. Diversidade de seres vivos.

Digitalizada com CamScanner

2.2.1. Fixismo

Segundo esta hipótese, as espécies surgiram tal como se conhecem no presente e mantiveram-se imutáveis ao longo do tempo, sem originarem novas espécies (fig. 7).



7. Fixismo

Mas como teriam surgido os seres vivos?

Alguns fixistas acreditavam no **criacionismo**, enquanto outros defendiam a **geração espontânea**.

8. George Cuvier.

Criacionismo

Segundo os criacionistas:

- todas as espécies foram criadas ao mesmo tempo por um Ser infinito;
- quando foram criadas, as espécies tinham as mesmas características que apresentam actualmente.

O aparecimento de restos fossilizados de novas espécies, em estratos de rochas de diferentes idades, abalou os seguidores do criacionismo. Na tentativa de conciliar os dados revelados pelo estudo dos fósseis com as ideias fixistas, George Cuvier (fig. 8) propôs, no final do século XVIII, a teoria do **catastrofismo**.

Esta teoria defendia que uma sucessão de cataclismos tinha atingido a Terra, destruindo todos ou quase todos os seres vivos existentes. Por acção de um Criador, a terra teria sido repovoada, após cada cataclismo, com formas de vida diferentes das existentes anteriormente. Desta forma, o catastrofismo explicava o surgimento de determinadas formas fósseis em alguns estratos mais antigos das rochas e a sua ausência em estratos mais recentes.

VOCABULÁRIO

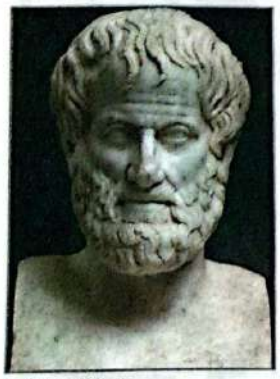
Catástrofe: desastre que envolve morte e destruição; calamidade.

Cataclismo: grande catástrofe.

Fósseis: restos ou vestígios de seres vivos de épocas remotas que ficaram preservados em rochas.

Incrustar: inserir em; introduzir-se.

Lactente: que ainda mama.



9. Aristóteles.

Geração espontânea

O filósofo grego Aristóteles (384 a. C.) (fig. 9) acreditava que, em certas condições, a vida podia surgir espontaneamente a partir de matéria sem vida, como por exemplo carne, fruta ou queijo em decomposição, ou mesmo de lama, por acção de um "**princípio activo**" que actuava sobre essa matéria – hipótese da **abiogénese**. Esta explicação da origem dos seres vivos perdurou durante vários séculos.

Digitalizada com CamScanner

SABER +

QUERES SABER MAIS?

Algumas ideias antigas sobre a origem da vida

No séc. IV a. C. Aristóteles dizia:

"... os seres organizam-se não somente do cruzamento de animais, mas da decomposição de terra... Entre as plantas, a matéria procede da mesma maneira, algumas desenvolvem-se de sementes, outras por geração espontânea através de forças naturais; elas originam-se do apodrecimento da terra ou de certas partes vegetais."

No séc. XVII, Van Helmont, médico belga, tinha uma receita para o surgimento de seres vivos por geração espontânea:

"... se uma peça de roupa suja for lançada dentro de um vaso que contém trigo, e colocada num canto sossegado e pouco iluminado, ao fim de 21 dias o fermento saído da roupa incrusta-se no próprio trigo e transforma-o em rato, não lactente ou recém-desmamado, mas completamente adulto."

Nota – Neste caso, o princípio activo era o suor humano existente na camisa suja.

Ainda no séc. XVII, Leeuwenhoeck dizia:

"... encontrei uma abundância de pequeníssimos animais. Observando que esses pequenos seres aumentavam para um elevado número, mas sendo incapaz de os ver aumentar em tamanho, comecei a pôr o problema de como se poderiam ter originado, mas deixo esta explicação para outro."

2.2.2. Evolucionismo

A crença na geração espontânea continuou, mas muitos cientistas discordavam dela. Um deles foi Francesco Redi (1626-1697) (fig. 10), biólogo italiano, que tentou demonstrar experimentalmente que essa ideia era falsa e que a vida só se origina a partir de outra vida preexistente.

10. Francesco Redi.

Ele estava convencido de que as larvas que apareciam na carne em decomposição surgiam de ovos que ali tinham sido depositados por moscas e não por geração espontânea.

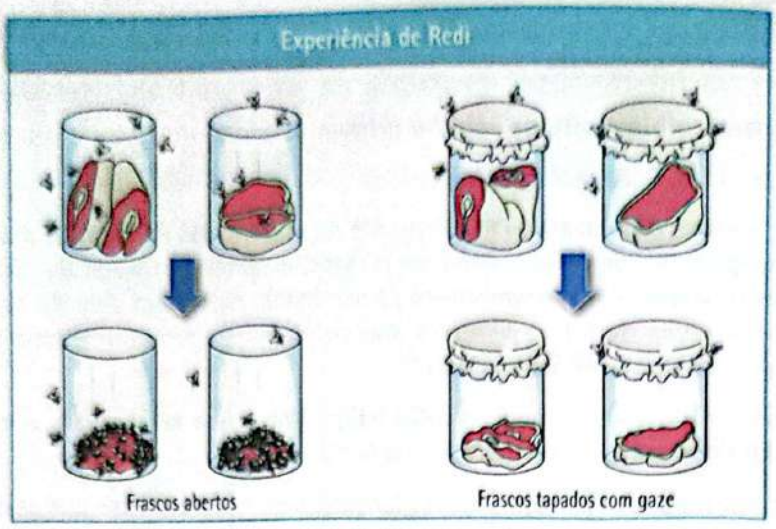
Para confirmar a sua hipótese, Redi colocou algumas larvas num recipiente fechado e observou o seu desenvolvimento. Após alguns dias, cada larva originou um casulo que mais tarde se rompeu, deixando sair uma mosca.

A partir destas observações, Redi realizou uma experiência para testar a sua hipótese sobre a origem das larvas.

Experiência de Redi

Redi colocou carne em estado de putrefacção em frascos de boca larga; alguns destes frascos ficaram abertos e outros foram tapados com gaze (fig. 11).

Digitalizada com CamScanner



11. Experiência realizada por Francesco Redi.

Redi observou que as moscas se juntavam à volta dos frascos, entrando livremente nos que estavam abertos. Ao fim de algum tempo, verificou que na carne destes frascos tinham surgido muitas larvas, enquanto nos frascos que estavam tapados com gaze, onde as moscas não conseguiam entrar, não apareceu nenhuma larva.

Com esta experiência, Redi demonstrou que os seres vivos observados na carne eram provenientes de outros seres vivos. Este facto era a favor da teoria da **biogénese**, que defendia que a vida se originava somente de outra vida preexistente.

SABER +

QUERES SABER MAIS?

Redi escreveu no séc. XVII:

"Embora seja objecto da observação diária que um número ilimitado de vermes são gerados nos cadáveres e plantas em decomposição, eu afirmo a minha tendência para acreditar que esses vermes são todos originados por reprodução sexuada e que a matéria em putrefacção na qual se encontram não tem outra função senão servir de local ou ninho apropriado onde os animais depositam os seus ovos na época da reprodução e onde também encontram alimento."

12. Louis Pasteur.

Experiência de Pasteur

No século XIX, a teoria da biogénese foi reforçada com os resultados da experiência do cientista francês Louis Pasteur (1822-1895) (fig. 12). Ele preparou quatro balões de vidro, contendo caldo de carne, excelente meio de cultura para micróbios. Esticou os gargalos dos balões, curvando-os de modo a que tomassem a forma de "pescoço de cisne". A seguir, ferveu os caldos até que saísse vapor pela extremidade do gargalo longo e curvo.

Digitalizada com CamScanner

13. Representação de Louis Pasteur no seu laboratório.

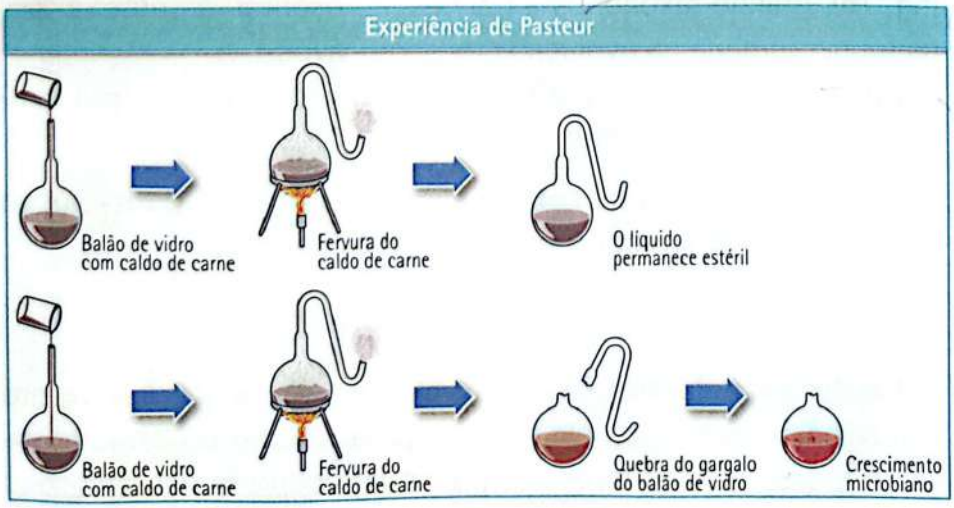
Enquanto os balões arrefeciam, o ar do exterior penetrava pelos gargalos e era até possível ver partículas em suspensão no ar ficarem retidas nas paredes do pescoço longo e curvo, que funcionava assim como uma espécie de filtro do ar (fig. 14).

Apesar de estarem em contacto com o ar, que os defensores da abiogénese diziam ser necessário para a geração espontânea de vida, nenhum dos caldos preparados por Pasteur se contaminou.

Pasteur quebrou então o gargalo de um dos balões, deixando o caldo exposto ao ar. Rapidamente se observou a presença de micróbios no caldo de carne.

Com esta experiência, Pasteur provou que, nas condições da Terra actual, não ocorre geração espontânea e qualquer forma de vida provém de outra vida preexistente, pondo fim à hipótese da geração espontânea.

Os balões originais, contendo os caldos feitos por Pasteur, continuam até hoje no Instituto Pasteur de Paris, livres de micróbios.



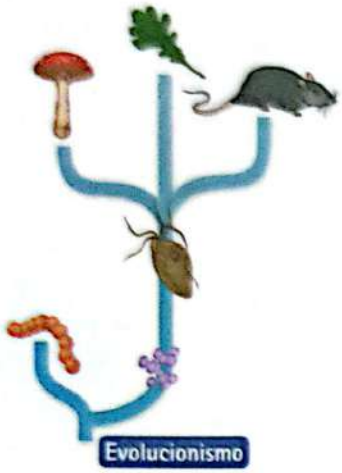
14. Experiência de Pasteur.

Digitalizada com CamScanner

2.2.3. Transformismo

A partir do século XVIII os cientistas foram tomando consciência de que o fixismo não justificava a grande diversidade dos seres vivos e tentaram encontrar outra explicação para a existência de um número tão elevado de espécies diferentes.

Surgiu a teoria **transformista**, segundo a qual:
- os primeiros seres vivos eram mais simples e teriam sofrido modificações ao longo do tempo.



15.

Deixava assim de ser considerado que as espécies são fixas e imutáveis, sendo possível a substituição gradual de espécies por meio de adaptações a ambientes em contínuo processo de mudança e algumas podendo mesmo desaparecer. Por isso, as espécies actuais não são, em regra, as mesmas que existiam no passado. Esta corrente de pensamento explicava a adaptação como um processo dinâmico, ao contrário do que propunham os fixistas.

O transformismo, baseado nas evidências obtidas pelo estudo das espécies actuais e pela análise dos fósseis, contrariava a imutabilidade das espécies e abria caminho para o evolucionismo.

A teoria evolucionista é hoje aceite pela maioria dos biólogos, pela grande variedade de testemunhos que a apoiam.

2.2.4. Teorias evolucionistas

No final do século XVIII e durante o século XIX, o desenvolvimento da geologia permitiu obter uma noção mais clara sobre os fenómenos que têm lugar no nosso planeta. Abandonava-se progressivamente a visão estática do mundo, substituindo-a por uma outra: a de um planeta em constante mudança.

Teoria de Lamarck/Lamarckismo

16. Jean Baptiste de Monet (Lamarck).

Jean Baptiste de Monet, cavaleiro de Lamarck (1744-1829) (fig. 16), grande taxonomista francês, apresentou a primeira teoria fundamentada na evolução dos seres vivos.

Foi, no entanto, muito criticado, não tendo as suas ideias conseguido derrotar o fixismo.

A teoria de Lamarck para explicar a existência da evolução pode resumir-se em dois princípios fundamentais:
- lei do uso e do desuso;
- lei da herança dos caracteres adquiridos.

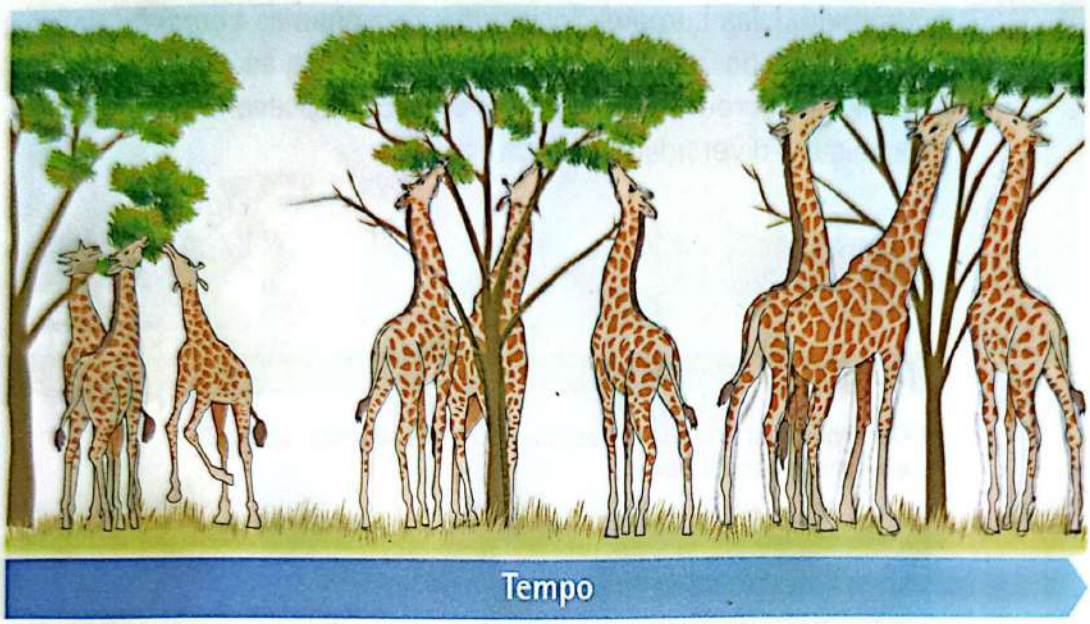
Lei do uso e do desuso – Lamarck considerava que o ambiente condiciona a evolução, levando ao aparecimento de características que permitem que os indivíduos se adaptem às condições em que vivem (fig. 17).

Digitalizada com CamScanner

De acordo com esta lei, a necessidade de usar um órgão em determinado ambiente acaba por provocar modificações nesse mesmo órgão. Isto é, se um órgão é muito utilizado, desenvolve-se, tornando-se mais forte ou de maior tamanho, mas se, pelo contrário, esse órgão não se usa, degenera e atrofia-se. Por exemplo, Lamarck considerava que as serpentes teriam perdido os membros porque estes dificultavam a deslocação através da vegetação densa. Como não eram utilizados, foram-se atrofiando, até ao desaparecimento total.

VOCABULÁRIO

Atrofia: falta de desenvolvimento, enfraquecimento



17. Segundo a lei do uso e do desuso, a primeira lei de Lamarck, as girafas desenvolveram o pescoço por terem necessidade de o esticar em busca de alimento.

Lei da herança dos caracteres adquiridos – as modificações que se produzem nos indivíduos como consequência do uso ou desuso dos órgãos são hereditárias, transmitindo-se à descendência.

As ideias de Lamarck foram contestadas relativamente aos seguintes aspectos:

- a lei do uso e do desuso, embora válida para alguns órgãos, como os músculos, não explica todas as modificações;
- a lei da herança dos caracteres adquiridos não se verifica experimentalmente. A modificação de um órgão, adquirida durante a vida de um ser vivo, não é transmitida à descendência.

Para verificar experimentalmente esta ideia, Weismann, em 1880, utilizou um grupo de ratinhos aos quais cortou as caudas. Os descendentes destes ratinhos apresentaram todos a cauda com o comprimento normal. A experiência foi repetida durante 22 gerações e o resultado foi sempre o mesmo: toda a descendência nascia com caudas normais.

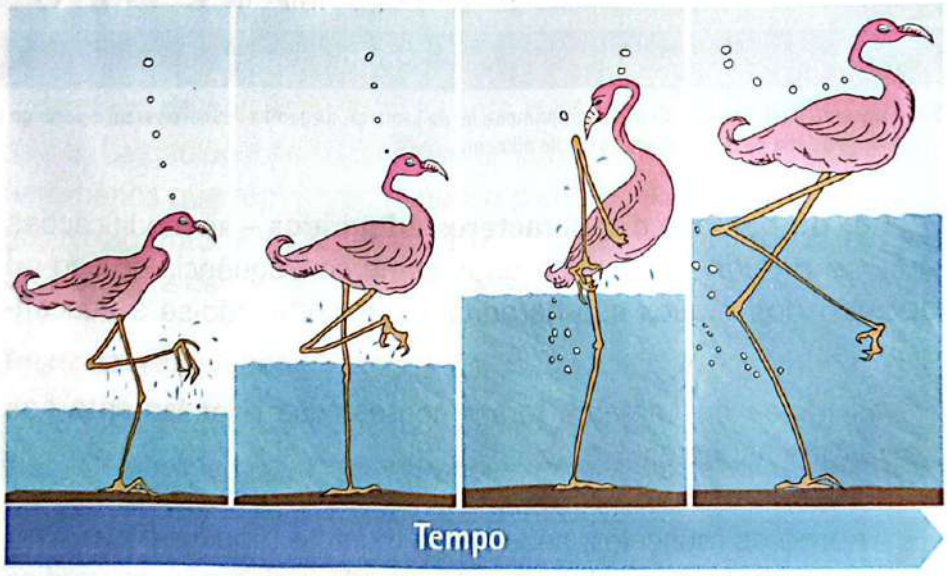
Digitalizada com CamScanner

Actualmente, embora se reconheça que o uso ou desuso de um órgão altera o seu desenvolvimento, sabe-se que essas características afectam apenas a parte somática do indivíduo, não passando para o material genético. Só as alterações do DNA presentes nos cromossomas transportados pelos gâmetas são transmitidas à descendência.

Um argumento decisivo contra o lamarckismo foi a falta de comprovação científica. Nenhuma das experiências conhecidas, efectuadas na tentativa de comprovar as teses lamarckistas, deu resultado. Mas Lamarck foi o primeiro a chamar a atenção para o fenómeno da adaptação dos seres vivos às alterações do ambiente, acreditando que a evolução explicava a presença de fósseis e a diversidade de vida na Terra.

ACTIVIDADE 2 – O lamarckismo

1. Observa a figura 18, que representa a evolução segundo Lamarck, e responde às questões.



18.

1.1. Como explicas o desenvolvimento das patas das aves pernaltas, segundo o lamarckismo?

1.2. De acordo com esta teoria, procura uma justificação para os seguintes factos:

1.2.1. atrofia dos músculos dos membros numa pessoa paralítica;

1.2.2. grande desenvolvimento dos músculos das pernas num ciclista.

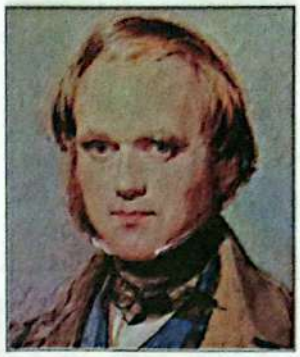
1.3. Segundo a teoria de Lamarck, como serão os descendentes dos indivíduos referidos na questão anterior, em relação ao desenvolvimento muscular?

1.4. Refere os dois aspectos do lamarckismo contestados pelo mundo científico.

Digitalizada com CamScanner

Teoria de Darwin/Darwinismo

Charles Darwin (1809-1882) (fig. 19), naturalista inglês que defendeu as ideias evolucionistas, apresentou uma teoria que explicava os mecanismos da evolução. Esta teoria baseou-se numa grande quantidade de dados acumulados durante mais de 20 anos, dos quais se podem destacar os seguintes, obtidos durante uma viagem de cinco anos que realizou à volta do mundo, a bordo do navio "Beagle" (fig. 20).



19. Charles Darwin.

- Ele encontrou uma enorme diversidade de seres vivos, constatando que a fauna e a flora apresentavam diferenças de continente para continente e de zonas desérticas para zonas montanhosas.

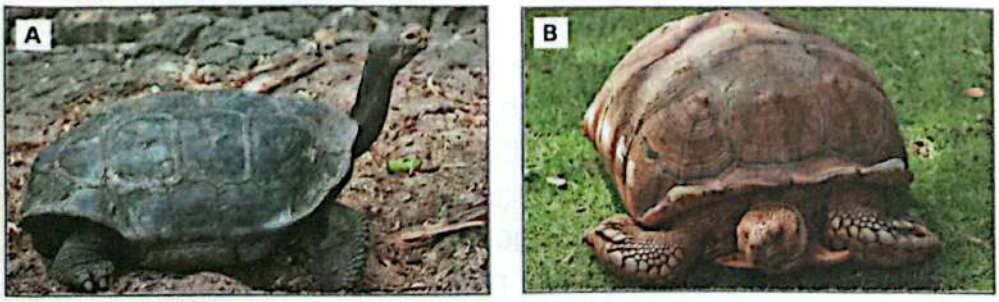
20. A viagem do "Beagle".

- Durante a sua estadia nas ilhas Galápagos, que formam um arquipélago situado no oceano Pacífico, Darwin ficou muito admirado com as tartarugas e com um grupo de aves chamadas tentilhões.

VOCABULÁRIO

Galápago: tartaruga, em espanhol.

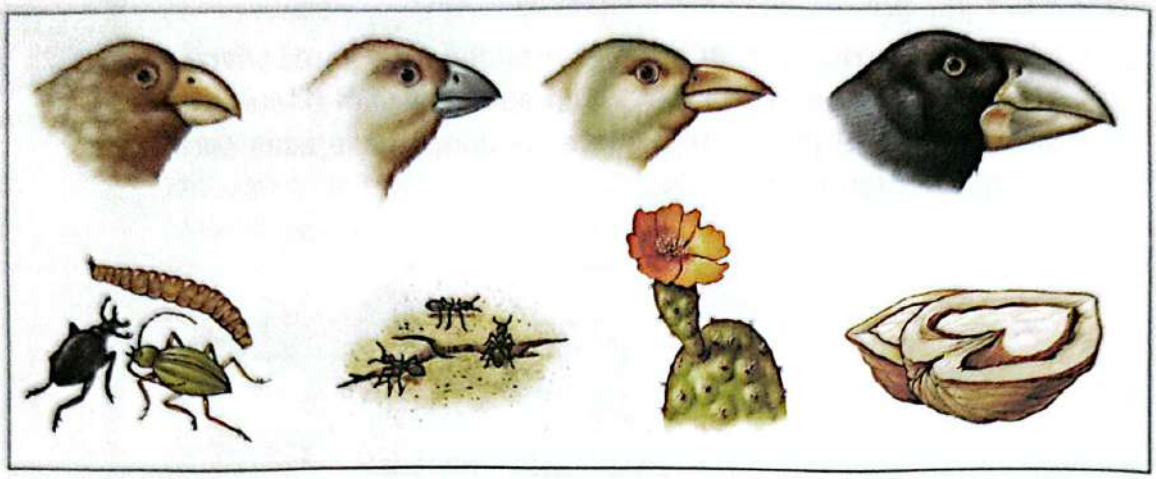
As tartarugas-gigantes eram de sete variedades diferentes, cada uma delas ocupando a sua ilha. No entanto, apesar das diferenças apresentadas, elas eram muito semelhantes entre si, levando a crer que tinham uma origem comum (fig. 21).



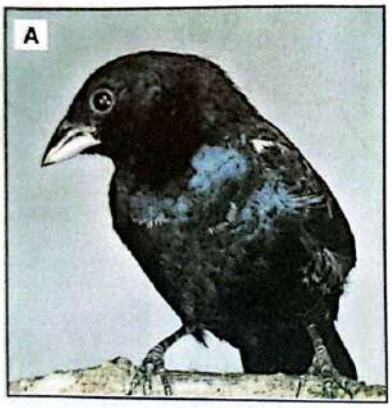
21. Tartarugas das Galápagos: A – tartaruga de pescoço curto; B – Tartaruga de pescoço longo.

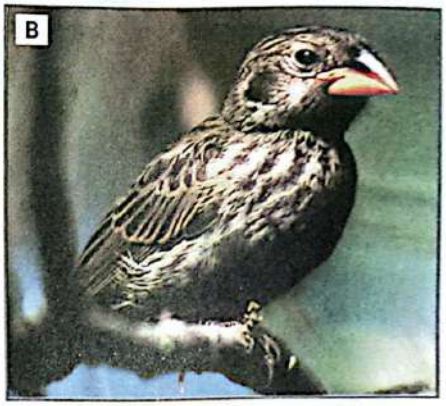
Digitalizada com CamScanner

Os tentilhões apresentavam uma grande diversidade à volta de um padrão comum, diferindo principalmente no tamanho e na cor do corpo e na forma do bico, relacionada com a diferente alimentação de cada grupo (fig. 22). Por causa da semelhança destas aves com outras existentes no continente americano, pode-se supor que elas tenham sido igualmente originadas de um ancestral comum (fig. 23).



22. Diversidade de bicos dos tentilhões relacionada com o tipo de alimento.





23. Tentilhões: A – provável ancestral encontrado no continente americano; B – Tentilhão da espécie *Geospiza fortis*.

VOCABULÁRIO

Andes: cadeia montanhosa com cerca de 8000 km de comprimento, situada na América do Sul, junto à costa do oceano Pacífico.

– Durante a sua viagem, Darwin observou também grande número de fósseis, descobrindo algumas conchas de animais marinhos integradas em rochas encontradas a milhares de metros de altitude, nos Andes.

Depois de analisar estes dados, Darwin deduziu que as características especiais de cada ilha tinham influenciado a evolução das duas espécies, descendentes de antepassados provenientes do continente americano. A diferenciação das espécies originais era resultado da adaptação às condições existentes nas diferentes ilhas do arquipélago onde viviam.

Os dados geológicos e biogeográficos recolhidos por Darwin foram utilizados mais tarde na fundamentação da sua teoria – a **Teoria de Darwin** ou **darwinismo**.

Digitalizada com CamScanner

Selecção artificial

Ao longo do tempo, o ser humano tem procurado obter plantas e animais com características desejáveis, a partir de cruzamentos entre indivíduos que apresentem essas mesmas características.

Ao fim de algumas gerações, as características seleccionadas acumulam-se nas populações, sendo os indivíduos que as formam diferentes dos seus antepassados. Este processo chama-se **selecção artificial** e com ele o ser humano obteve uma grande diversidade de cães, galinhas, pombos, cavalos, arroz, trigo e milho, entre outros (fig. 24).

24. Galinha obtida por selecção artificial.

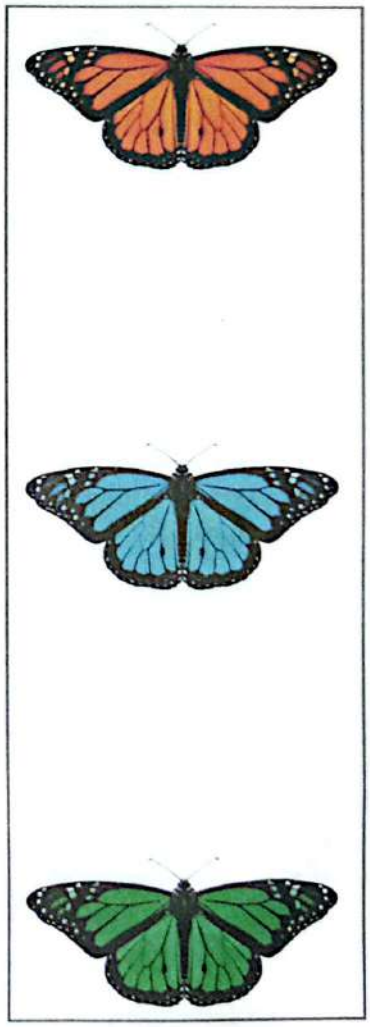
Selecção natural

À semelhança da diversidade de animais e plantas obtida artificialmente, também na Natureza ocorre este processo, denominado **selecção natural**, provocado pelos factores ambientais.

Darwin lançou a ideia de que a evolução dos seres vivos era dirigida pela selecção natural, apoiado em várias observações:

- Os seres vivos, mesmo os da mesma espécie, diferem entre si quanto a diversas características, incluindo aquelas que têm influência na capacidade de explorar com sucesso os recursos naturais e de deixar descendência.
- As populações de todas as espécies tendem a crescer rapidamente. No entanto, o número de indivíduos de uma espécie geralmente não se altera muito de uma geração para a geração seguinte.
- Em cada geração morre um grande número de indivíduos, devido à competição pelo alimento, pelo abrigo, pelo espaço e pela capacidade de fugir aos predadores – **luta pela sobrevivência**. Muitos deles não deixam descendência.
- Os indivíduos que sobrevivem e se reproduzem são os mais bem adaptados às condições ambientais. Os menos aptos são eliminados progressivamente. Existe assim uma selecção natural, ou **sobrevivência dos mais aptos**.
- Os indivíduos mais bem adaptados vivem durante mais tempo e originam maior número de descendentes, aos quais transmitem as suas características.

A acumulação das pequenas variações leva, a longo prazo, à transformação e ao aparecimento de novas espécies (fig. 25).



25. Borboletas de diferentes espécies.

Digitalizada com CamScanner

VOCABULÁRIO

Fuligem: pó preto proveniente da decomposição dos combustíveis que se deposita nos canos das chaminés, nas paredes e tectos das cozinhas, etc.

ACTIVIDADE 3 – Selecção natural: as borboletas de Manchester

Manchester é uma cidade inglesa que há 200 anos atrás se encontrava rodeada por bosques de árvores com caules claros cobertos de líquenes. Nestes bosques eram abundantes as borboletas brancas da espécie *Biston betularia*. Em 1848, foi encontrada a primeira borboleta escura pertencente à mesma espécie. Por essa época, tinha começado a industrialização da cidade. Foram construídas grandes fábricas que encheram de fuligem os campos e os bosques. Os troncos das árvores tornaram-se escuros e os líquenes desapareceram.

1. Compara as fotografias A e B da figura 26. Responde às questões.

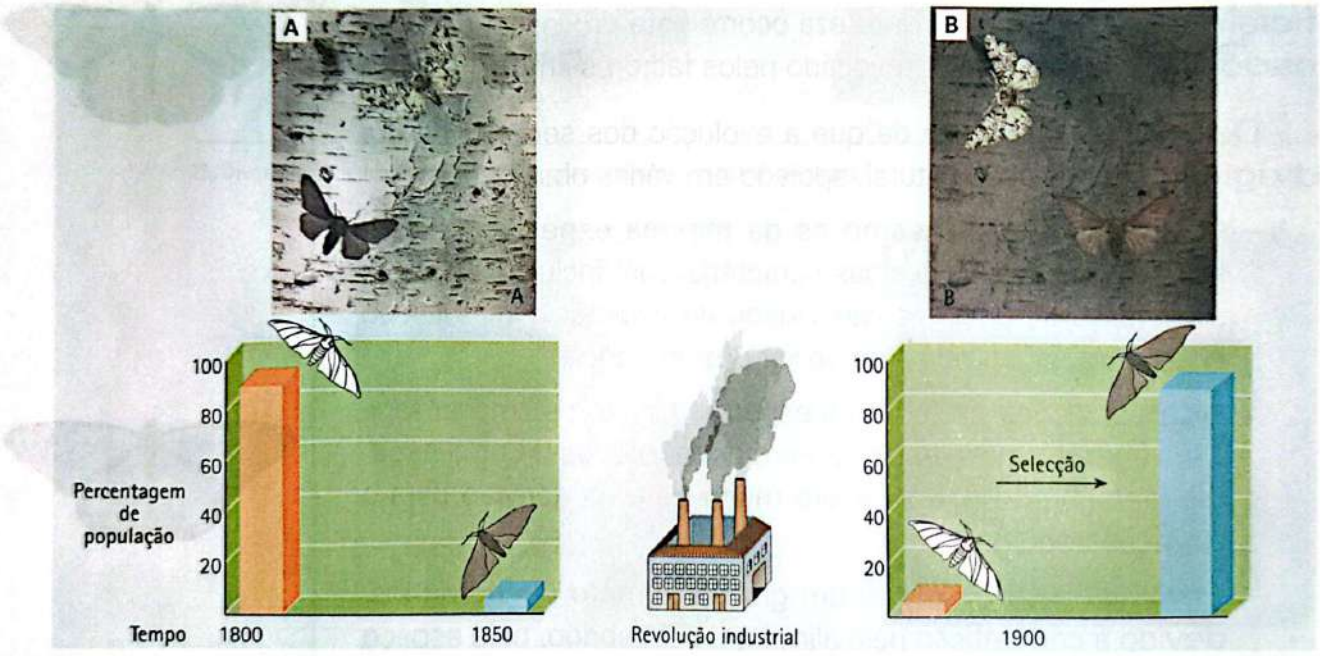
1.1. Qual te parece ser a borboleta melhor adaptada:

– ao tronco claro?

– ao tronco enegrecido pela fuligem?

2. Propõe uma explicação para a presença de tão grande número de borboletas de cor escura em 1900, segundo a teoria de Darwin.

3. Explica porque se trata de um processo de selecção natural.



26. Selecção natural nas borboletas de Manchester.

Darwin não publicou logo as ideias da sua teoria. Ele tencionava escrever quatro volumes e durante muito tempo dedicou-se a essa tarefa. Mas, em 1858, mais de vinte anos após a sua viagem à volta do Mundo, recebeu uma carta de Wallace, naturalista inglês, em que este lhe apresentava, em poucas páginas, uma explicação para o origem da vida que coincidia com a sua, pedindo-lhe uma opinião.

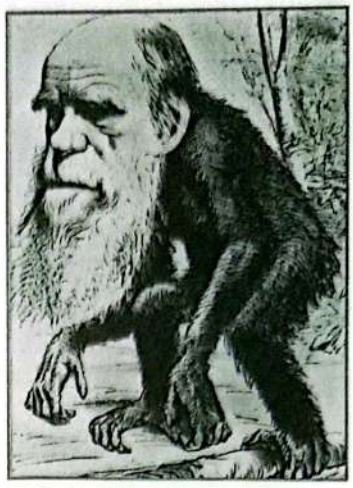
Pensou então em dar a Wallace o seu trabalho, mas os amigos convenceram-no a publicar um resumo, que surgiu numa revista científica, juntamente com o artigo de Wallace. Este facto leva a que a teoria de Darwin seja referida, muitas vezes, como a teoria de Wallace e Darwin.

Digitalizada com CamScanner

Darwin escreveu a seguir um resumo dos quatro volumes que tinha planeado, publicando-o com o título *A Origem das Espécies*.

Todos os 1250 exemplares deste livro foram vendidos no primeiro dia, provocando uma grande discussão na comunidade científica, na sociedade e na Igreja:

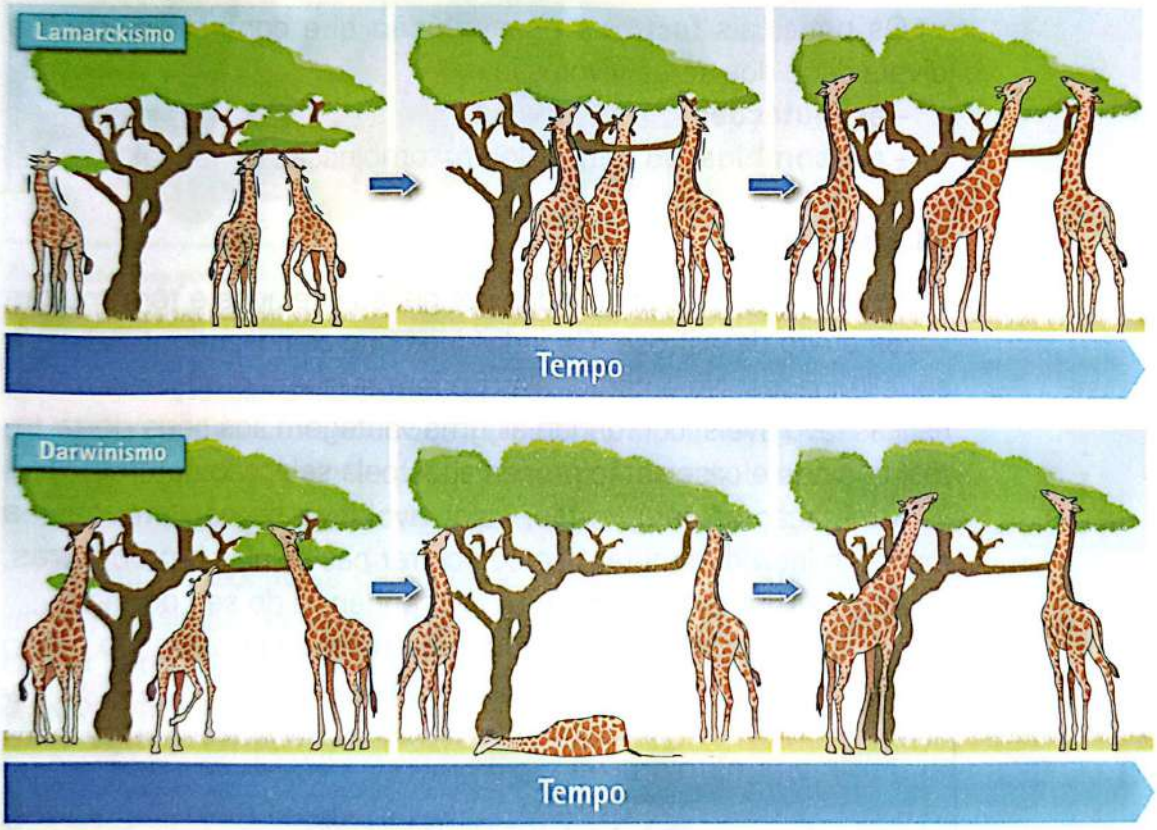
- A comunidade científica reconheceu que os dados obtidos por Darwin eram credíveis;
- Os sectores mais conservadores da sociedade atacaram-no violentamente, chegando a ser publicadas caricaturas que traduziam as críticas de que era alvo (fig. 27).
- A Igreja condenou igualmente Darwin, já que a sua teoria conduzia a uma visão materialista do mundo vivo.



27. Caricatura de Darwin.

ACTIVIDADE 4 – Diferença entre o lamarckismo e o darwinismo

O lamarckismo e o darwinismo fornecem duas explicações para a evolução das espécies, seguindo mecanismos diferentes.



28. Esquemas da evolução da girafa segundo Lamarck e Darwin.

1. Observa a figura 28 e responde às questões.

1.1. Considerando que o ancestral da girafa apresentava o pescoço curto e membros anteriores de comprimento semelhante aos posteriores, explica, de acordo com o lamarckismo e o darwinismo, porque têm as girafas actuais um pescoço tão comprido e os membros anteriores tão alongados.

1.2. Adaptação e ambiente são duas palavras usadas tanto por Lamarck como por Darwin. Que importância tem o ambiente na evolução das espécies, segundo cada uma das teorias?

29. Girafa.

Digitalizada com CamScanner

Neodarwinismo ou teoria sintética da evolução

A teoria da evolução por selecção natural enunciada por Darwin só foi bem compreendida depois da descoberta das leis da hereditariedade que explicam os mecanismos responsáveis pelas variações verificadas nas diferentes espécies e o modo como essas variações se transmitem de geração em geração.

No início do século XX, surgiu a **teoria sintética da evolução** ou **neodarwinismo**, resultante da combinação das ideias de Darwin com os novos conhecimentos sobre genética. Esta teoria engloba duas ideias fundamentais: variabilidade genética e selecção natural.

Segundo esta teoria, a selecção natural actua sobre a diversidade dos seres vivos.

3. Factores de evolução

Os principais **factores da evolução** que contribuem para a diversidade dos seres vivos são:

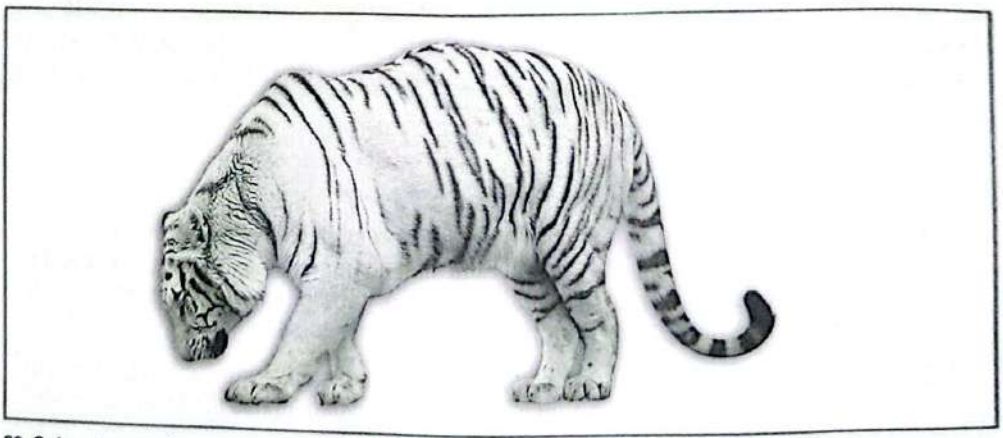
- as **mutações**;
- a **recombinação génica** (ou recombinação genética).

3.1. Mutações

As mutações são produzidas por genes alterados e têm muitas vezes efeito desastroso. Os indivíduos que as possuem tendem a ser eliminados. No entanto, elas podem também produzir características favoráveis, conferindo alguma vantagem aos seus portadores, que neste caso serão preservados pela selecção natural.

A mutação só terá, então, valor evolutivo se não provocar a morte do indivíduo mutante e se ocorrer nas células reprodutoras, podendo assim ser transmitida à descendência do seu portador.

As mutações introduzem **novos genes** numa população – são o principal factor da variabilidade **genética**.



30. O tigre-branco é uma variante do tigre de Bengala. As características que o distinguem resultam de uma mutação.

Digitalizada com CamScanner

3.2. Recombinação génica

A recombinação génica acontece durante a reprodução sexuada. Provoca grande variedade na descendência, devido ao elevado número de recombinações genéticas que se verificam:

- na meiose, durante o *crossing-over*;
- na fecundação, originada pela união dos gâmetas, feita ao acaso.

As mutações introduzem novos genes nas populações e a recombinação génica mistura os novos genes com os genes já existentes. Cria-se, assim, uma enorme variabilidade genética na população (fig. 31).

31. Variabilidade genética em indivíduos da mesma espécie.

A **selecção natural** actua, por sua vez, sobre os indivíduos portadores das combinações genéticas mais vantajosas num determinado ambiente, favorecendo a sua sobrevivência e aumentando a sua descendência.

Quanto maior for a diversidade, maior será a capacidade de uma população para se adaptar às alterações do meio, pois há maior probabilidade de existirem conjuntos de genes favoráveis à sobrevivência da população.

No entanto, se as características do meio se alterarem, os genes que eram favoráveis podem tornar-se desvantajosos e os seus portadores serem agora eliminados pela selecção natural.

4. Provas da evolução

A teoria da evolução diz que as espécies actuais surgiram a partir de outras que existiram no passado. Para explicar a evolução é necessário por isso compreender esse passado, estudando, a partir de várias áreas de conhecimento, dados actuais que possam ser observados directamente.

VOCABULÁRIO

População: conjunto de indivíduos da mesma espécie que ocupam uma determinada área geográfica e se cruzam entre si, partilhando um património genético comum.

Digitalizada com CamScanner

As provas que apoiam a evolução são variadas, podendo apresentar-se sob a forma de argumentos a favor do evolucionismo:

- argumentos de anatomia comparada;
- argumentos paleontológicos;
- argumentos embriológicos;
- outros argumentos a favor da evolução.

4.1. Os argumentos de anatomia comparada

Os argumentos de anatomia comparada, baseados na semelhança das características morfológicas dos indivíduos, são principalmente:

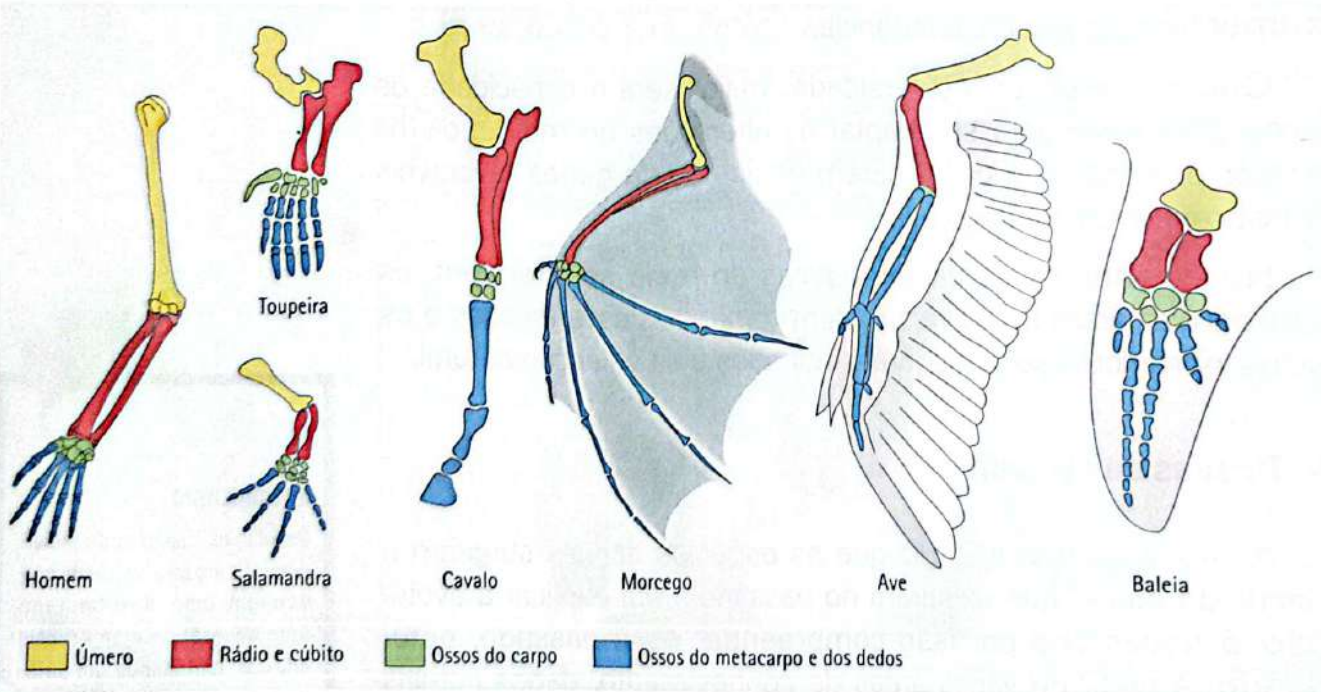
- estruturas homólogas;
- estruturas análogas;
- estruturas vestigiais.

4.1.1. Estruturas ou órgãos homólogos

Os órgãos homólogos são órgãos estruturalmente semelhantes, mas que desempenham funções diferentes.

São exemplos de órgãos homólogos:

- os membros superiores do Homem e os membros anteriores das baleias, dos morcegos (membrana alar), das aves (as asas), dos cavalos, das toupeiras e das salamandras; todos este órgãos têm a mesma origem embriológica e são constituídos por ossos correspondentes, mas que desempenham funções diferentes (fig. 32).



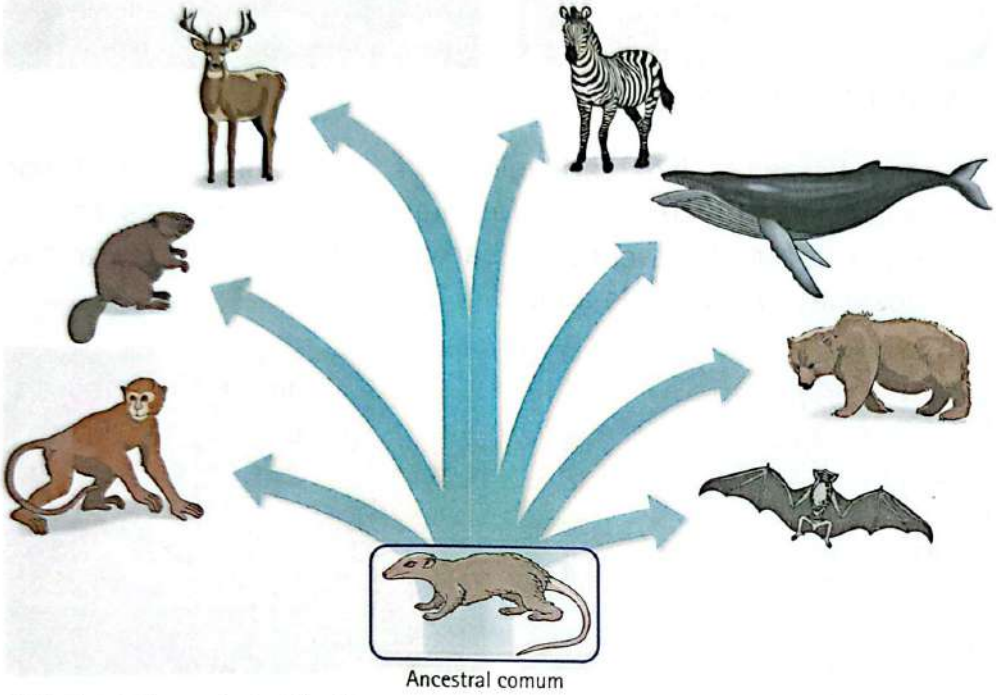
...ãos homólogos.

Digitalizada com CamScanner

– a armadura bucal dos insectos: é constituída pelas mesmas partes, cada uma adaptada a um regime alimentar (fig. 33).

Os órgãos homólogos são resultado da adaptação dos seres vivos a ambientes diferentes, num processo chamado **evolução divergente**.

Indivíduos com o mesmo ancestral que migram para ambientes diversos são sujeitos a evoluções diferentes. Em cada ambiente são seleccionados os indivíduos mais aptos, originando-se gradualmente formas com grandes diferenças da inicial.



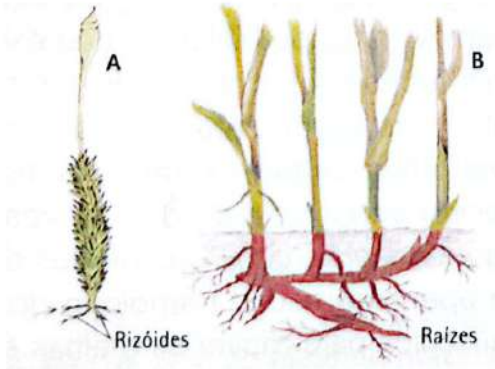
34. Evolução divergente dos Mamíferos.

4.1.2. Estruturas ou órgãos análogos

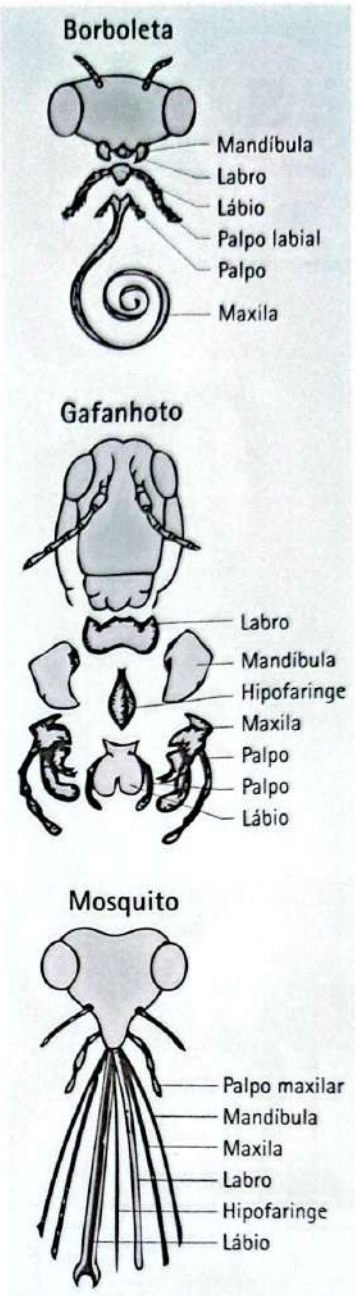
Os órgãos análogos são órgãos estruturalmente diferentes, mas que desempenham funções semelhantes.

São exemplos de órgãos análogos:

– os rizóides do musgo e as raízes de uma planta; têm uma estrutura diferente, mas desempenham a mesma função – absorção de água e sais minerais (fig. 35).



35. Rizóides de musgo (A) e raízes de uma planta superior (B).



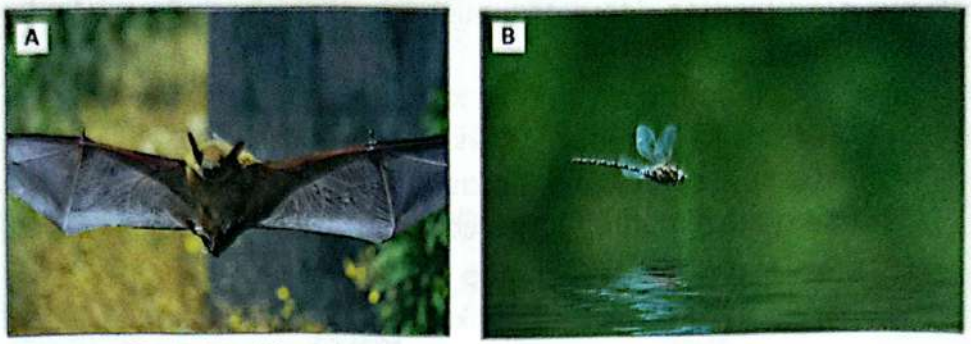
33. Aparelhos bucais da borboleta, do gafanhoto e do mosquito.

VOCABULÁRIO

Habitat: local apropriado para a vida normal de um ser vivo.

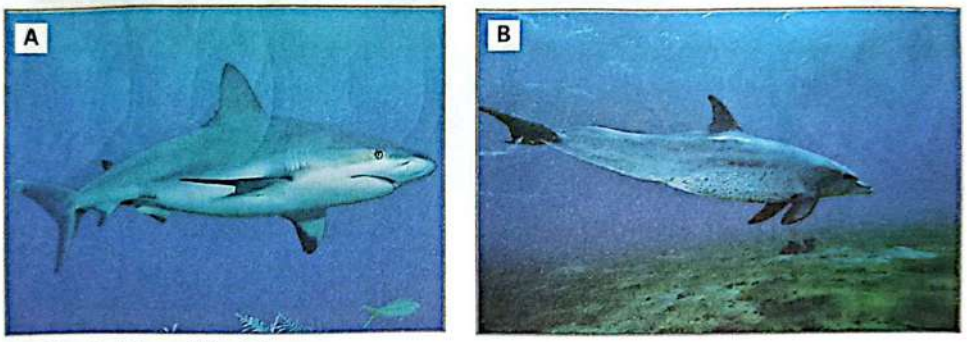
Digitalizada com CamScanner

– as asas dos insectos e das aves e a membrana alar dos morcegos; têm estruturas anatomicamente diferentes, mas todas têm a função de permitir a deslocação no ar (fig. 36).



36. Morcego (A) e libelinha (B).

– os tubarões (peixes cartilagíneos) e os golfinhos (mamíferos aquáticos) pertencem a famílias diferentes, mas têm a mesma forma do corpo e barbatanas que facilitam a sua deslocação dentro de água (fig. 37).



37. Tubarão (A) e golfinho (B).

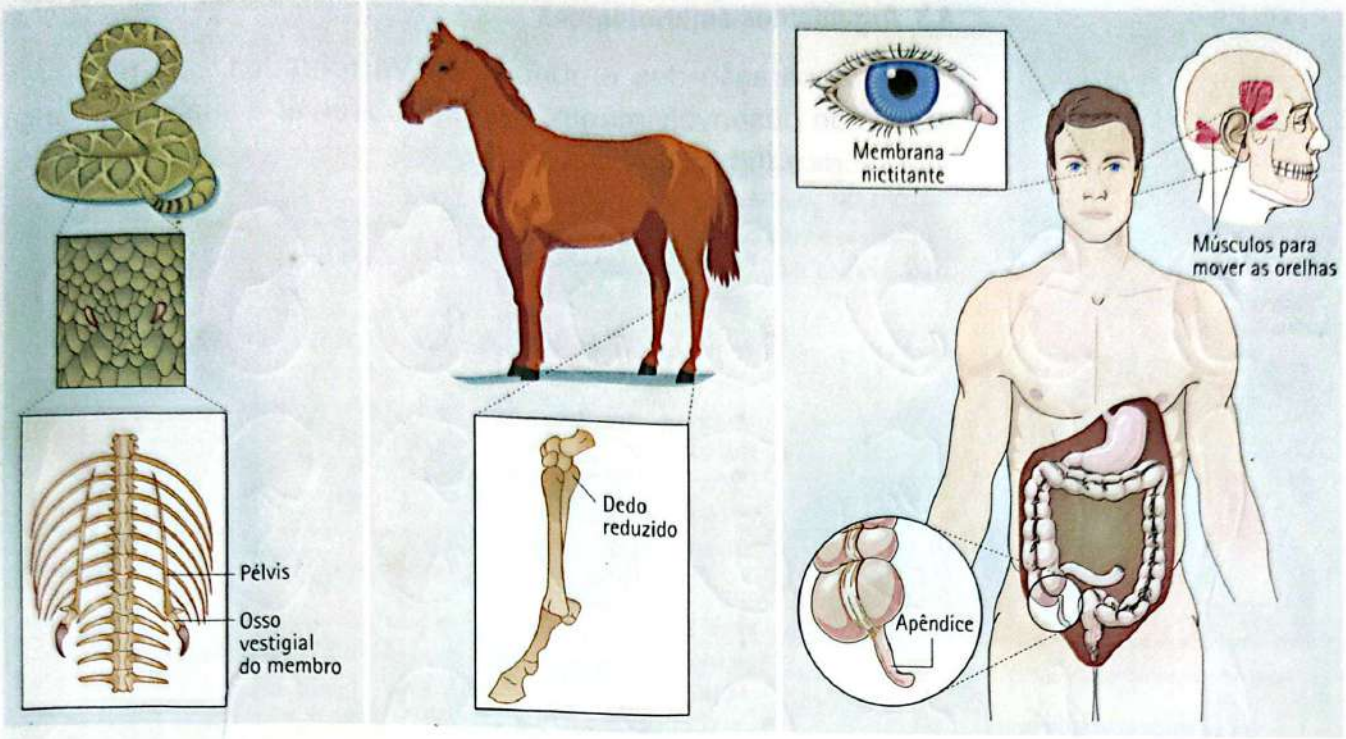
Os órgãos análogos resultam da acção do mesmo ambiente sobre organismos de grupos diferentes. São características favoráveis que tornam os indivíduos portadores mais aptos e, portanto, favorecidos pela evolução. Este tipo de evolução é chamada **evolução convergente**.

4.1.3. Estruturas ou órgãos vestigiais

Estruturas ou órgãos vestigiais são órgãos atrofiados sem função evidente e sem significado biológico que existem em alguns grupos. Segundo a teoria evolucionista, devem ter sido úteis nos antepassados dos seus portadores, tornando-se menos importantes até se transformarem em estruturas rudimentares.

O Homem possui cerca de 100 órgãos vestigiais, entre os quais as vértebras do cóccix, correspondentes à cauda dos seus antepassados, o apêndice cecal, homólogo do ceco de alguns herbívoros, os músculos para mover as orelhas e o nariz, a membrana nictitante, os dentes do siso, os mamilos dos machos, etc.

Digitalizada com CamScanner



38. Estruturas vestigiais na cobra, no cavalo e no ser humano.

4.2. Argumentos paleontológicos

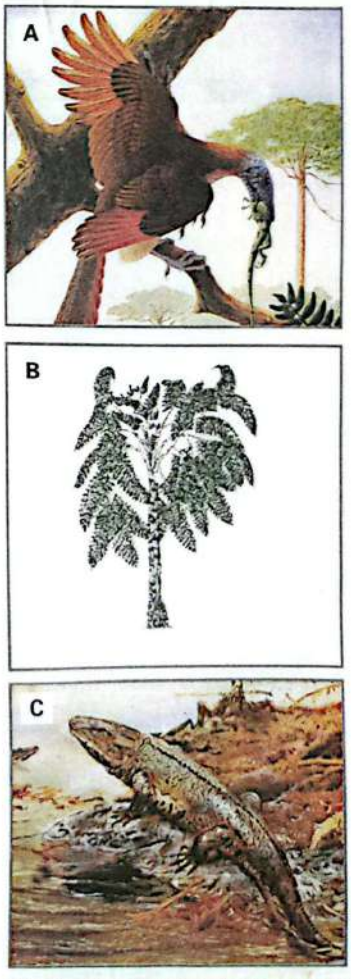
Quando morre um ser vivo, a maior parte do seu corpo desaparece, comido por outros seres vivos ou destruído pelos decompositores. Mas, por vezes, pode ficar conservado, total ou parcialmente, ou deixar vestígios nas rochas. Estes vestígios são chamados **fósseis**.

O estudo dos fósseis indica que, ao longo do tempo, a Terra foi sendo habitada sucessivamente por seres vivos mais evoluídos.

Os fósseis mais importantes para o estudo da evolução são os **fósseis sintéticos**, também chamados **fósseis de transição**, por apresentarem características de dois grupos actuais diferentes.

São fósseis sintéticos:

- *Archeopteryx*, animal com dentes e cauda comprida com vértebras, características do grupo dos répteis, mas que apresentava também asas e penas, como as do grupo das aves (fig. 39A).
- Pteridospérmicas, plantas que possuíam folhas semelhantes às do grupo dos fetos actuais, mas que também produziam sementes, como as do grupo das gimnospérmicas (fig. 39B).
- *Ichthyostega*, animal que possuía características dos peixes e dos anfíbios actuais (fig. 39C).

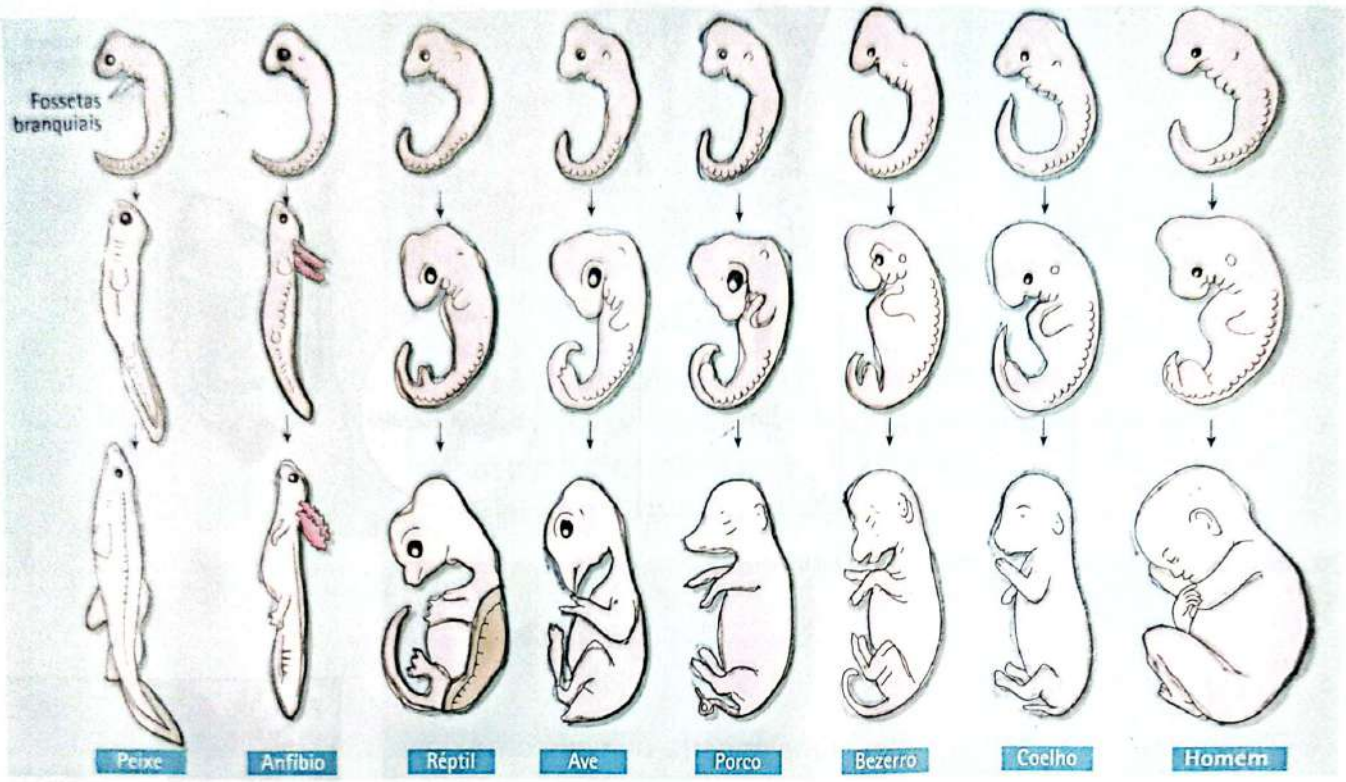


39. Fósseis sintéticos: *Archaeopteryx* (A), Pteridospérmica (B) e *Ichthyostega* (C).

Digitalizada com CamScanner

4.3. Argumentos embriológicos

A comparação dos embriões de Vertebrados, nas primeiras etapas de desenvolvimento, permite observar a sua semelhança morfológica (fig 40).



40. Embriões de Vertebrados em diferentes estádios de desenvolvimento.

Todos os embriões dos seres vivos representados na figura 40 possuem fendas branquiais externas na região da faringe, sacos branquiais, coração tubular e músculos segmentados. À medida que os embriões se vão desenvolvendo, a semelhança entre eles vai sendo cada vez mais reduzida, até se diferenciarem nos vários grupos. Este facto sugere que os Vertebrados têm um ancestral comum, tendo-se separado uns dos outros ao longo do processo de evolução.

4.4. Outros argumentos a favor da evolução

Para além dos argumentos descritos, existem ainda outros que também são muito importantes para o estudo das relações de parentesco entre os seres vivos:

- **argumentos biogeográficos**, baseados na análise da distribuição geográfica dos seres vivos;
- **argumentos citológicos**, que revelam a mesma constituição celular para todos os organismos vivos;
- **argumentos bioquímicos**, a partir do estudo comparativo das proteínas e dos ácidos nucleicos, que permite estabelecer relações de parentesco entre os indivíduos.

Digitalizada com CamScanner

Digitalizada com CamScanner

SABER +

QUERES SABER MAIS?

O celacanto, fóssil vivo

A partir dos fósseis podemos reconstruir plantas e animais que viveram há milhões de anos. Podemos supor o que comiam e como viviam, mas não podemos vê-los. No entanto, por vezes, há seres vivos que, embora muito antigos na Terra, sobreviveram até aos nossos dias. São por isso chamados **fósseis vivos**.

O peixe chamado **celacanto**, do género *Latimeria*, pertence a este grupo dos fósseis vivos (fig. 41). Existente há 400 milhões de anos, pensava-se que já estava extinto, mas em 1991 foi pescado em Pebane, no Norte de Moçambique, um exemplar fêmea que se verificou posteriormente conter 26 embriões prestes a nascer que foram objecto de estudo por cientistas de diversos países. A fêmea encontra-se agora exposta no Museu de História Natural, em Maputo.

41. O peixe do género *Latimeria* é considerado um fóssil vivo.

Na baia de Sodwana, na África do Sul, foi descoberta uma colónia de celacantos que está a ser estudada por um grupo internacional de cientistas. Este peixe foi também observado em Madagáscar, nas ilhas Comores, no Quénia e na Indonésia.

O celacanto vive em grutas, a grande profundidade. As barbatanas assemelham-se aos membros dos vertebrados terrestres e movimentam-se da mesma maneira.

A descoberta em Moçambique do fóssil de um ancestral dos mamíferos

Recentemente, foi descoberto por investigadores moçambicanos e portugueses, na província do Niassa, um fóssil de um ancestral comum a todos os mamíferos, que viveu há mais de 250 milhões de anos, muito antes do aparecimento dos primeiros dinossauros.

É constituído por um esqueleto quase completo de um réptil com 15 cm de comprimento, enrolado sobre si próprio e preso dentro duma rocha esférica.

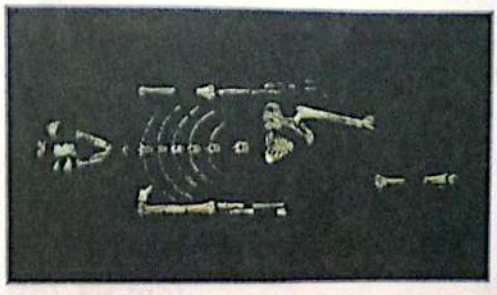
É chamado réptil mamaliano porque apresenta uma mistura de características anatómicas de réptil e de mamífero. Os répteis mamalianos deram origem aos mamíferos, animais que tinham apenas o tamanho de um ratinho.

Este fóssil é muito importante porque pode ajudar a descobrir mais um pouco da história da evolução dos mamíferos. Depois de estudado e preparado para ser conservado, voltará a Moçambique, ao Museu Nacional de Geologia.

Lucy, fóssil humano

Em 1974 foram descobertos na Etiópia os restos fósseis de um esqueleto incompleto. Os ossos da bacia estavam bem conservados e foi possível identificar este esqueleto como pertencendo a uma mulher, que foi chamada *Lucy*. O crânio era pequeno, tinha estatura baixa e braços compridos.

A espécie a que pertencia foi designada *Australopithecus afarensis* e pensa-se que foi o antepassado comum a todos os hominídeos.



42. Esqueleto de *Lucy*.

4.5. Origem e evolução do Homem

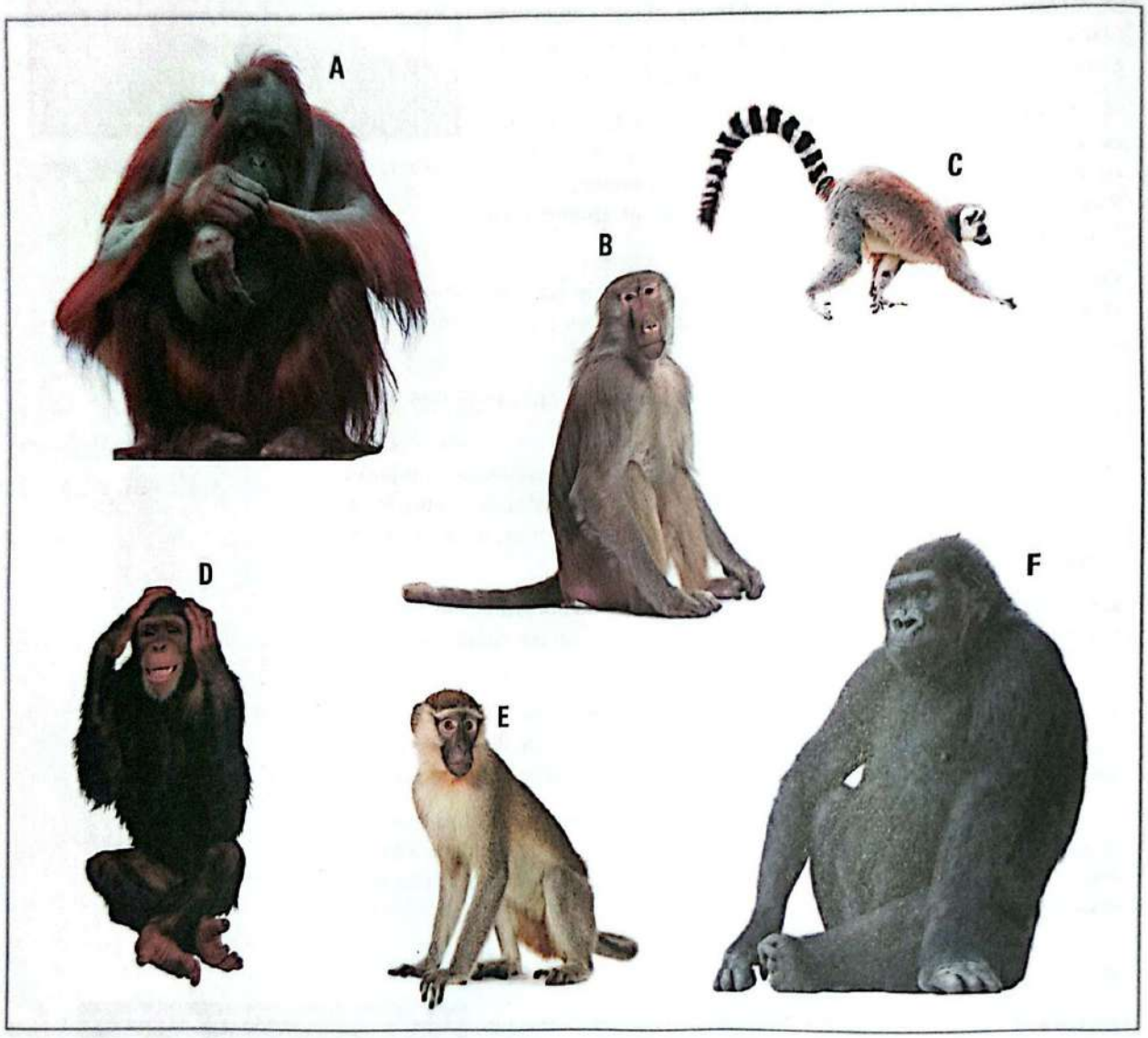
DESCOBRE

- Qual a origem do Homem?
- Quais os principais factores que impulsionaram a sua evolução?

4.5.1. Semelhanças do Homem com os outros animais

O Homem é resultado da evolução natural que se iniciou há vários milhões de anos e que foi moldando as diversas espécies de seres vivos.

Pela sua semelhança com os macacos, os chimpanzés, os gorilas e os orangotangos, comprovada pelo estudo da anatomia comparada e da embriologia, o Homem pertence à ordem Primata, ou dos Primatas, que inclui também estes animais (fig. 43).

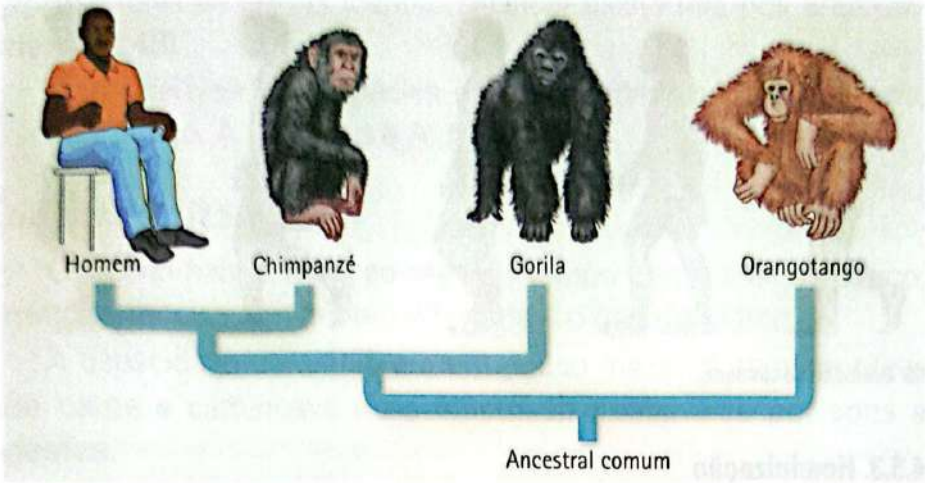


43. Primatas: orangotango (A), babuíno (B), lémur (C), chimpanzé (D), macaco-africano (E) e gorila (F).

Até há pouco tempo, pensava-se que o gorila estava mais próximo do homem do que o chimpanzé. No entanto, o estudo comparativo do DNA destas espécies revelou que o chimpanzé tem 98,76% de sequências de DNA iguais às do Homem, o que comprova que o chimpanzé é, realmente, o nosso parente mais

Digitalizada com CamScanner

próximo. Podemos, assim, dizer que o Homem teve origem nestes animais, tendo-se sucedido, ao longo de milhões de anos, várias espécies de homens, das quais descende o Homem actual (fig. 44).



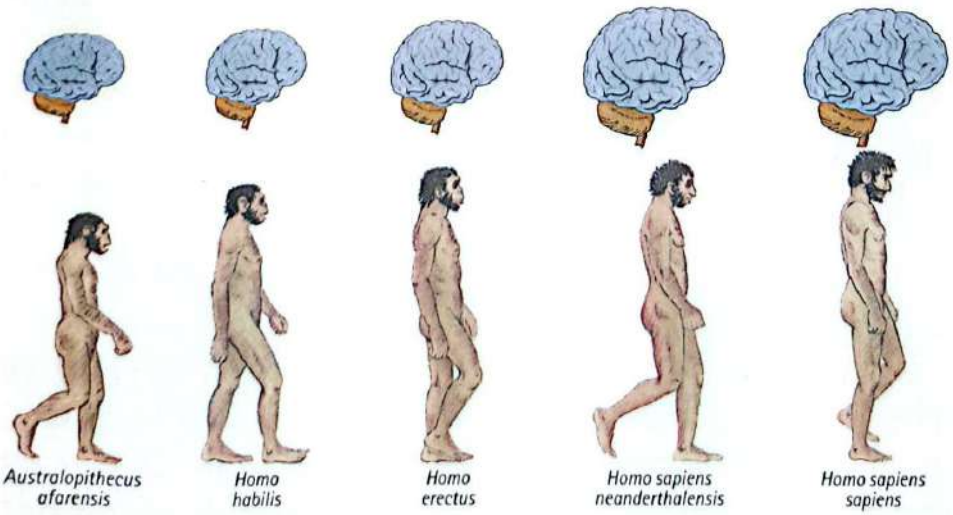
44. Classificação dos grandes primatas obtida através de dados bioquímicos.

4.5.2. Factores de antropogénese

A antropogénese é o estudo da origem e evolução da espécie humana a partir de um ancestral comum como os primatas superiores. A descoberta de restos fósseis mostra que os hominídeos e os grandes macacos, também chamados macacos antropóides, tinham um ancestral comum. A certa altura, evoluíram em direcções diferentes.

Os principais factores da antropogénese são:

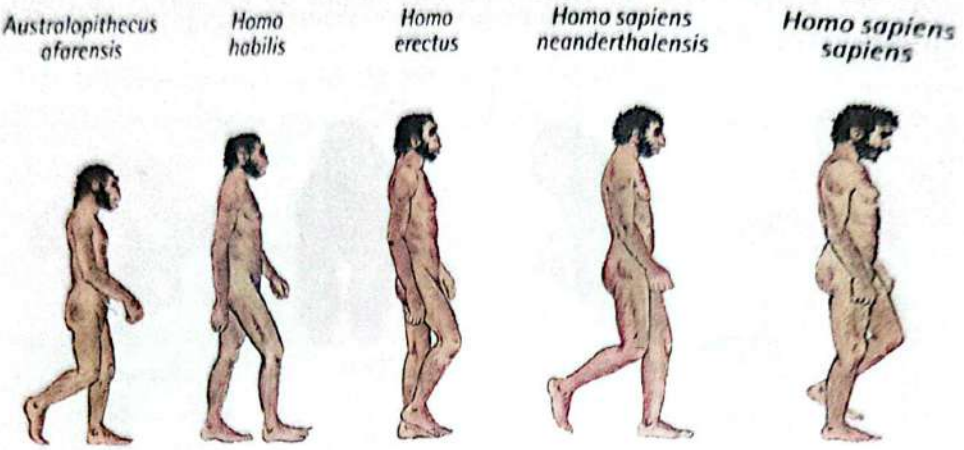
– Desenvolvimento gradual do volume do cérebro – encefalização (fig. 45).



45. Desenvolvimento gradual do volume do cérebro.

Digitalizada com CamScanner

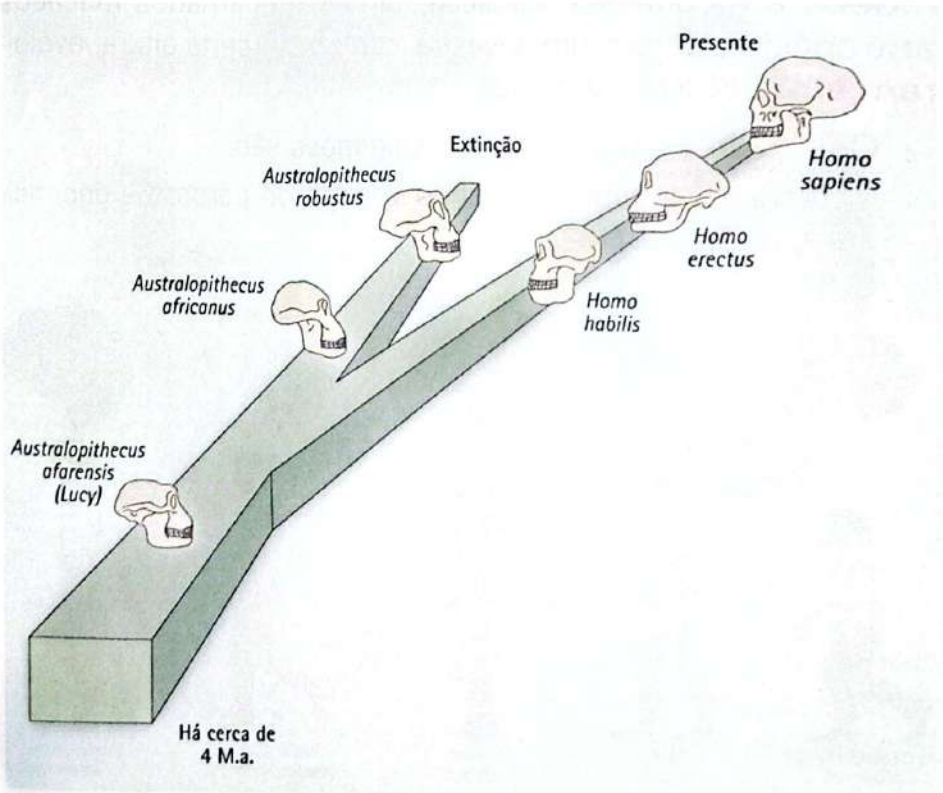
– Posição bípede, que permitiu a utilização das mãos para realizar outras actividades (fig. 46).



46. Evolução do Homem.

4.5.3. Hominização

A hominização foi um processo evolutivo, tanto físico como intelectual, que passou por diferentes estádios de desenvolvimento, desde os primeiros hominídeos até ao Homem actual. Este processo iniciou-se na época em que se verificou um grande arrefecimento na Terra e as extensas florestas de África foram substituídas por savanas. Os primeiros hominídeos tiveram que descer das árvores e deslocar-se no solo.



47. Processo evolutivo dos hominídeos.

Digitalizada com CamScanner

Australopithecus (4 M.a.)

O hominídeo mais antigo que se conhece é o *Australopithecus*, cujos restos foram encontrados na África do Sul. Tinha o crânio pequeno e postura erecta, embora se deslocasse curvado. Já não apresentava as presas (dentes caninos) existentes nos antropóides (fig. 48).

Conhecem-se três espécies de *Australopithecus*: A. *afarensis*, o mais antigo, A. *africanus* e A. *robustus*.

48. *Australopithecus*.

Homo habilis (2,5 M.a.)

O *Homo habilis* viveu ao mesmo tempo que o australopiteco, mas pertencia a um género diferente – o género *Homo*.

A capacidade do crânio era um pouco maior, já se alimentava de carne e caminhava mais erecto. Expressava-se por sons e gestos.

Este antepassado do Homem actual tinha a capacidade de fabricar utensílios de pedra que utilizava para quebrar a casca das sementes, cavar a terra à procura de raízes ou dividir a carne dos animais. Por isso foi chamado *Homo habilis* (fig. 49).

49. *Homo habilis*.

Homo erectus (1,5 M.a.)

O *Homo habilis*, que viveu apenas em África, deu origem a uma nova espécie, o *Homo erectus*, que se espalhou pela Ásia e pela Europa (fig. 50).

O *Homo erectus* tinha um esqueleto muito parecido com o do homem actual e altura semelhante. Mostrava uma grande evolução no fabrico e uso de utensílios de pedra (facas, machados, raspadores) e deve ter iniciado a linguagem articulada. Começou a abrigar-se em cavernas e a usar o fogo. Cobria-se com peles dos animais que caçava. Foi o primeiro hominídeo a sair de África.

A provar a sua dispersão, muitos fósseis desta espécie foram descobertos em vários locais do mundo. Todos receberam o nome da região onde foram localizados: Homem de Java, Homem de Pequim e Homem de Heidelberg.

50. *Homo erectus*.

Homo sapiens

Todos os Homens posteriores ao *Homo erectus* pertencem à espécie *Homo sapiens*.

O fóssil mais antigo desta espécie foi descoberto em 1856, no vale do rio Neander, na Alemanha, e por isso foi chamado Homem de Neanderthal. Recebeu o nome científico de *Homo sapiens neanderthalensis*.

VOCABULÁRIO

Hominídeo: Homem no estado primitivo.

Antropóide: que se assemelha ao Homem.

Bípede: deslocação na posição vertical, assentando no solo apenas as extremidades inferiores.

Digitalizada com CamScanner

51. *Homo sapiens neanderthalensis*.

52. *Homo sapiens sapiens*.

VOCABULÁRIO

M.a.: milhões de anos.

Rituais: cerimónias.

Pinturas rupestres: desenhos feitos na rocha pelos homens primitivos.

Homo sapiens neanderthalensis (entre 130 000 e 35 000 anos)

O Homem de Neanderthal era baixo e forte. Tinha o crânio grande e o cérebro era mais desenvolvido (fig. 51). Este Homem primitivo já possuía linguagem e abrigava-se em grutas e cavernas. Caçava grandes herbívoros em grupo, utilizando lanças de madeira com ponta de pedra. Dominava o fogo. Trabalhava a pedra, os ossos e a madeira. Construía grande variedade de objectos e ferramentas que utilizava para diversos fins.

Tinha vida espiritual e praticava rituais funerários. Os mortos eram sepultados juntamente com instrumentos e alimentos.

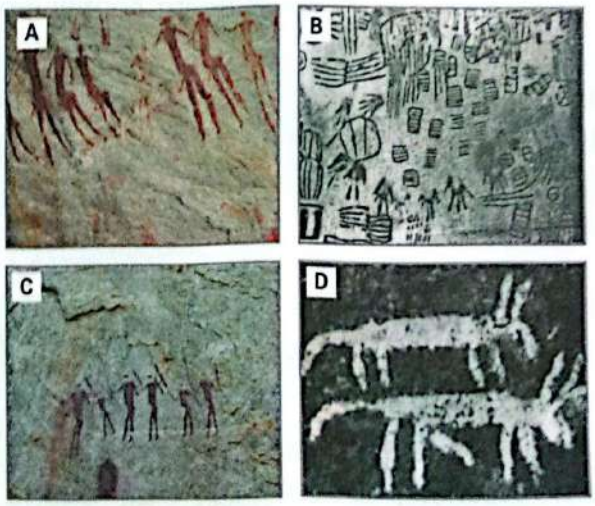
Não há registo fóssil dos neandertalenses com menos de 35 000 anos. Pensava-se que a espécie talvez tivesse sido exterminada pelo *Homo sapiens*, mas recentemente foi publicado um estudo que afirma ter havido ocorrência de cruzamentos entre os dois grupos, dando origem a descendentes que produziram o homem actual.

Homo sapiens sapiens (há 40 000 anos)

Os primeiros fósseis de *Homo sapiens sapiens* foram encontrados no Sul de França e são conhecidos pelo nome de homem de Cro-Magnon (fig. 52).

Eram mais altos e tinham traços fisionómicos mais delicados do que os neandertalenses. Não se distinguem facilmente do homem actual. Viviam da caça, da pesca e colhiam sementes e frutos selvagens. Tinham grande desenvolvimento mental, sendo capazes de produzir estatuetas, gravuras, desenhos e pinturas rupestres que chegaram até ao nosso tempo (fig. 53).

O *Homo sapiens sapiens* espalhou-se pela Terra e deu origem a todos os seres humanos actuais, que continuam a evoluir.



53. Pinturas rupestres encontradas em Moçambique (A e C – Monte Chinhamapere, Manica; B – Chicoluane, Monte Vumba; D – Malembué, Niassa).

Digitalizada com CamScanner

SABER +

QUERES SABER MAIS?

- **No caminho do Homem primitivo até ao Homem actual podem destacar-se alguns factores que tornaram possível a hominização.**

  - **A libertação da mão: sem necessidade de se apoiar no solo, a mão ficou livre para ser utilizada: para apanhar alimentos; para atirar paus ou pedras aos predadores; para a produção de objectos; para segurar as crias que eram cuidadas nos primeiros tempos de vida. Ocorreu uma evolução coordenada do cérebro que pensava com a mão que executava. Os instrumentos foram, assim, sendo aperfeiçoados e diversificados.**

  - **O trabalho: alguns animais executam tarefas importantes para a sua sobrevivência. Por exemplo: os castores constroem diques nos rios; as térmites organizam verdadeiras cidades subterrâneas; as abelhas sabem como colher pólen para fabricar o mel; outros animais utilizam paus para retirarem dos buracos das árvores os insectos de que se alimentam; os macacos utilizam pedras para arremessar aos inimigos e paus para colherem frutos. Mas o Homem é o único animal capaz de criar um instrumento ou de o modificar para melhor o adaptar às suas necessidades, isto é, capaz de trabalhar. O trabalho é, assim, uma característica própria apenas do Homem e foi a base da humanidade.**

  - **O domínio do fogo: a utilização do fogo deve ter começado pela sua utilização quando acidentalmente surgiam incêndios provocados por faíscas caídas durante as tempestades. O Homem, no entanto, aprendeu a dominá-lo, a conservá-lo e a produzi-lo ele próprio (fig. 54). Isto permitiu-lhe cozinhar os alimentos, aquecer-se no tempo frio, iluminar o local onde vivia, afastar os animais ferozes, transformar instrumentos e conviver com os seus companheiros à volta de uma fogueira.**

  - **A linguagem: para conviver e para trocar ideias, os seres humanos tinham necessidade de comunicar uns com os outros. A linguagem articulada permitiu essa comunicação entre os membros de cada grupo. Primeiro, devem ter surgido sons simples, como os que ainda hoje fazemos quando queremos dizer sim (*hum*) ou não (*hum hum*). Depois, a linguagem foi-se desenvolvendo, passando a incluir, gradualmente, sons articulados, cada vez mais complexos e elaborados. Isto é, o Homem começou a falar.**

  - **A sociedade: a vida em grupo originou a sociedade. O Homem aprendeu a viver colectivamente, a planificar tarefas em conjunto. A caça de animais de grande porte tornou-se mais fácil, a defesa contra os inimigos mais eficiente e o domínio da Natureza mais simples.**

54. Dois métodos para a produção de fogo.

4.6. O lugar do Homem na Natureza

4.6.1. Comparação com os outros animais

O mundo do qual fazemos parte é constituído por uma enorme diversidade de seres vivos que habitam os mais variados ambientes. Para conhecermos o lugar do Homem neste universo de vida, é necessário recorrermos ao estudo comparativo com os outros seres vivos, de modo a situá-lo num sistema de classificação.

DESCOBRE

- **Como se classifica o Homem?**

Digitalizada com CamScanner

Classificação sistemática do Homem

A classificação sistemática do Homem actualmente aceite pela comunidade científica é a representada na figura 55.

Grupo taxonómico	Principais características
Reino Animalia (Animal)	Eucariotas, pluricelulares e heterotróficos; reprodução sexuada; células especializadas com determinadas funções; maioria com locomoção e muitos com sistema nervoso.
Filo Chordata (Cordados)	Presença de corda dorsal.
Subfilo Vertebrata (Vertebrados)	Presença de esqueleto interno.
Classe Mammalia (Mamíferos)	Corpo coberto de pêlo; coração com quatro cavidades; sistema respiratório pulmonar; encéfalo muito desenvolvido; homeotérmicos (temperatura corporal constante).
Ordem Primata (Primatas)	Cinco dedos que terminam por unhas, nas mãos e nos pés; dedo polegar oponível aos restantes dedos; visão binocular; grande acuidade visual.
Família Hominidae (Hominídeos)	Bipedes; omnívoros; face achatada; cérebro grande e complexo; narinas próximas uma da outra; geralmente um filhote em cada gestação.
Género *Homo* (Homem)	Ancas estreitas que permitem longas caminhadas; sistema sudoríparo desenvolvido; pernas mais compridas do que os braços; pilosidade reduzida.
Espécie *Homo sapiens*	Cérebro altamente desenvolvido, com capacidade de raciocínio, de linguagem e de resolução de problemas.

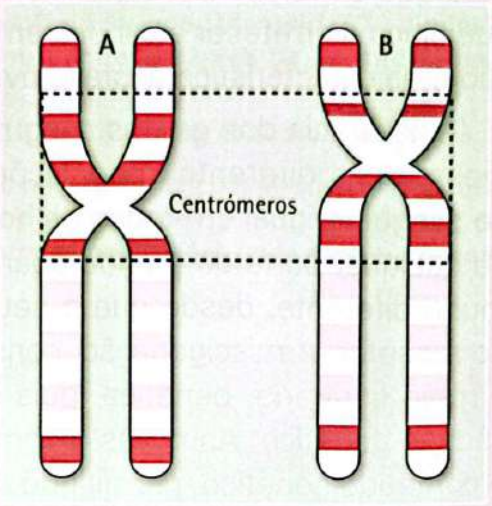
55. Classificação sistemática do Homem.

Digitalizada com CamScanner

SABER +

QUERES SABER MAIS?

- **Até há pouco tempo, pensava-se que o gorila era mais próximo do Homem do que o chimpanzé. No entanto, a utilização de técnicas bioquímicas no estudo comparativo destas espécies revelou que o ADN do Homem e o do chimpanzé têm maiores semelhanças:**
  - **o chimpanzé tem 98,76% de sequências de ADN iguais às do Homem;**
  - **o cariótipo do Homem é constituído por 23 pares de cromossomas e o do chimpanzé é constituído por 24 pares;**
  - **nos dois cariótipos há grupos de cromossomas iguais;**
  - **há indícios de que um cromossoma humano se tenha fundido com o par n.º 2, formando apenas um par.**
  - **os cromossomas n.º 4 das duas espécies são muito semelhantes, contendo mais de 99% de material genético idêntico. Com uma coloração especial podem-se observar as mesmas bandas, embora colocadas em posição inversa, o que indica que um deles se tenha transformado noutro, por inversão, e justifica a separação no processo evolutivo.**



56. Comparação dos cromossomas n.º 4 do chimpanzé (A) e do Homem (B).

4.7. Raças

O termo raça usa-se vulgarmente para indicar as variedades de animais domésticos como cães, gatos ou animais de criação, como galinhas ou gado, entre outras.

A designação "**raças humanas**" refere-se a um antigo conceito antropológico. Tal conceito, que não tem base científica, classificava os seres humanos com base em características morfológicas, tais como cor da pele, estatura, tipo de cabelo, conformação do rosto, estrutura craniana e outras. Esta classificação, actualmente em desuso, admitia três raças básicas:

- caucasóide (raça branca), que incluía povos da Europa, do Norte de África e de uma parte do continente asiático (Médio Oriente e Norte da Índia);
- mongolóide (raça amarela), que incluía povos do Leste e Sudeste Asiático, da Oceânia (malaios e polinésios) e do continente americano (esquimós e ameríndios);
- negróide (raça negra), que incluía povos da África subsariana.

Digitalizada com CamScanner

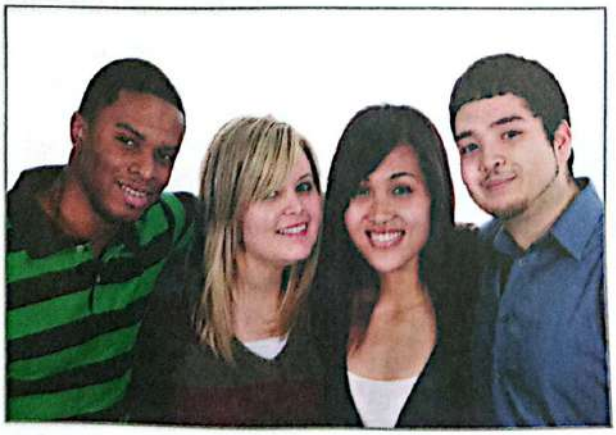
É natural que diferentes populações apresentem certas diferenças entre si. Quando o Homem primitivo deixou África e se espalhou pelo resto do Mundo, encontrou regiões geográficas e climáticas muito diferentes. Durante a sua evolução nessa variedade de *habitats*, as mutações que foram ocorrendo permitiram a sua adaptação às condições ambientais específicas de cada local. Por exemplo, a pele escura é mais resistente à radiação solar do que a pele branca (fig. 57); o cabelo encaracolado permite que se forme entre ele e o couro cabeludo uma caixa de ar que ajuda a arrefecer a cabeça em zonas quentes; os olhos azuis são uma característica desfavorável nas regiões de sol intenso.

A incidência dos grupos sanguíneos do sistema ABO não é a mesma nas diferentes populações. No entanto, a composição do sangue é igual em todos os homens. É possível um indivíduo de qualquer parte do mundo doar sangue a outro de uma região muito diferente, desde que o seu grupo seja compatível com o do receptor. A miscigenação, considerada perigosa antigamente, é, pelo contrário, benéfica, pois contribui para um maior intercâmbio genético. As novas recombinações do DNA diversificam o conteúdo genético, permitindo assim o aparecimento de características favoráveis à evolução e tornando os homens cada vez mais semelhantes uns aos outros.

VOCABULÁRIO

Miscigenação: mestiçagem, cruzamentos entre indivíduos de características diferentes.

57. A pele escura é mais resistente à radiação solar do que a pele branca.



58. Seres humanos com características diferentes.

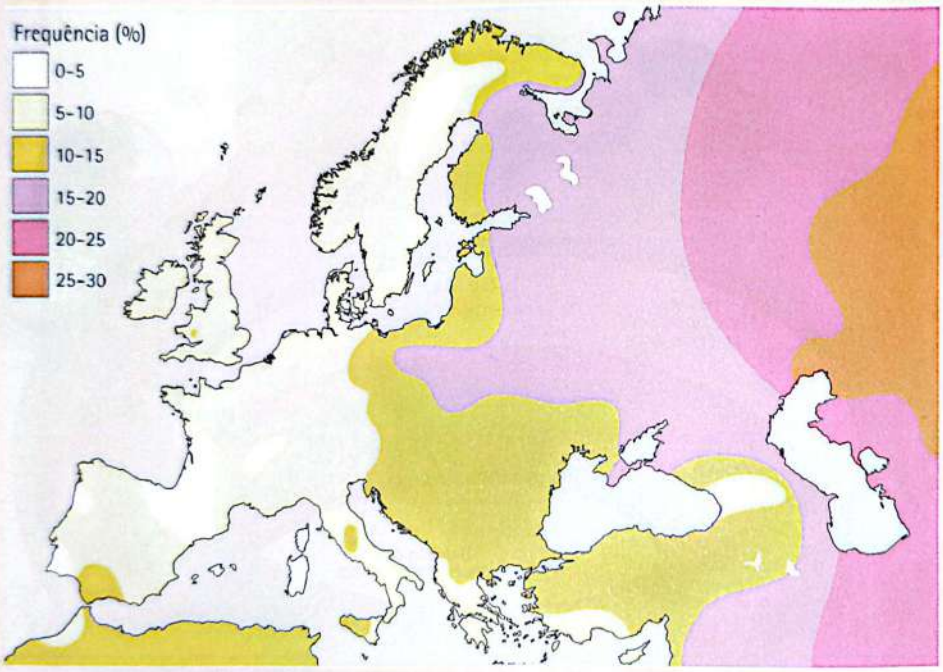
Digitalizada com CamScanner

SABER +

QUERES SABER MAIS?

- **O estudo da composição de sangue em diferentes povos do mundo permitiu constatar o seguinte:**
  - **as populações de uma pequena região do Norte de Espanha e do Sul de França, assim como os índios americanos e aborígenes australianos, não apresentavam sangue do grupo B. Mas as populações de Espanha e França tinham a maior percentagem do mundo de tipo de sangue Rh negativo, enquanto entre os índios e os aborígenes não se encontravam indivíduos com sangue Rh negativo.**
  - **a frequência do grupo sanguíneo B na Europa Oriental (25%) diminui gradualmente até atingir 5% em pequenas áreas da Escandinávia, França, Espanha e Portugal.**
  - **na Ásia, a percentagem do alelo B é muito alta em todo o continente.**

Este facto pode ser explicado pelas migrações das populações portadoras dos genes do sangue tipo B que os juntaram aos genes já existentes. A menor frequência do alelo B encontra-se nas regiões onde ocorreu menos miscigenação (fig. 59).



59. Distribuição do grupo sanguíneo B na Europa.

4.8. Evolução da Terra

A Terra formou-se há 4600 M.a., tendo sofrido desde então enormes alterações, devido tanto a factores internos, como os sismos e os vulcões, como a factores externos, de que são exemplos o vento e a chuva.

A idade da Terra não se mede como fazemos na nossa vida, isto é, em horas, dias ou anos, mas sim em milhões de anos (M.a.).

DESCOBRE

- **Quais foram as etapas da evolução da Terra?**

Digitalizada com CamScanner

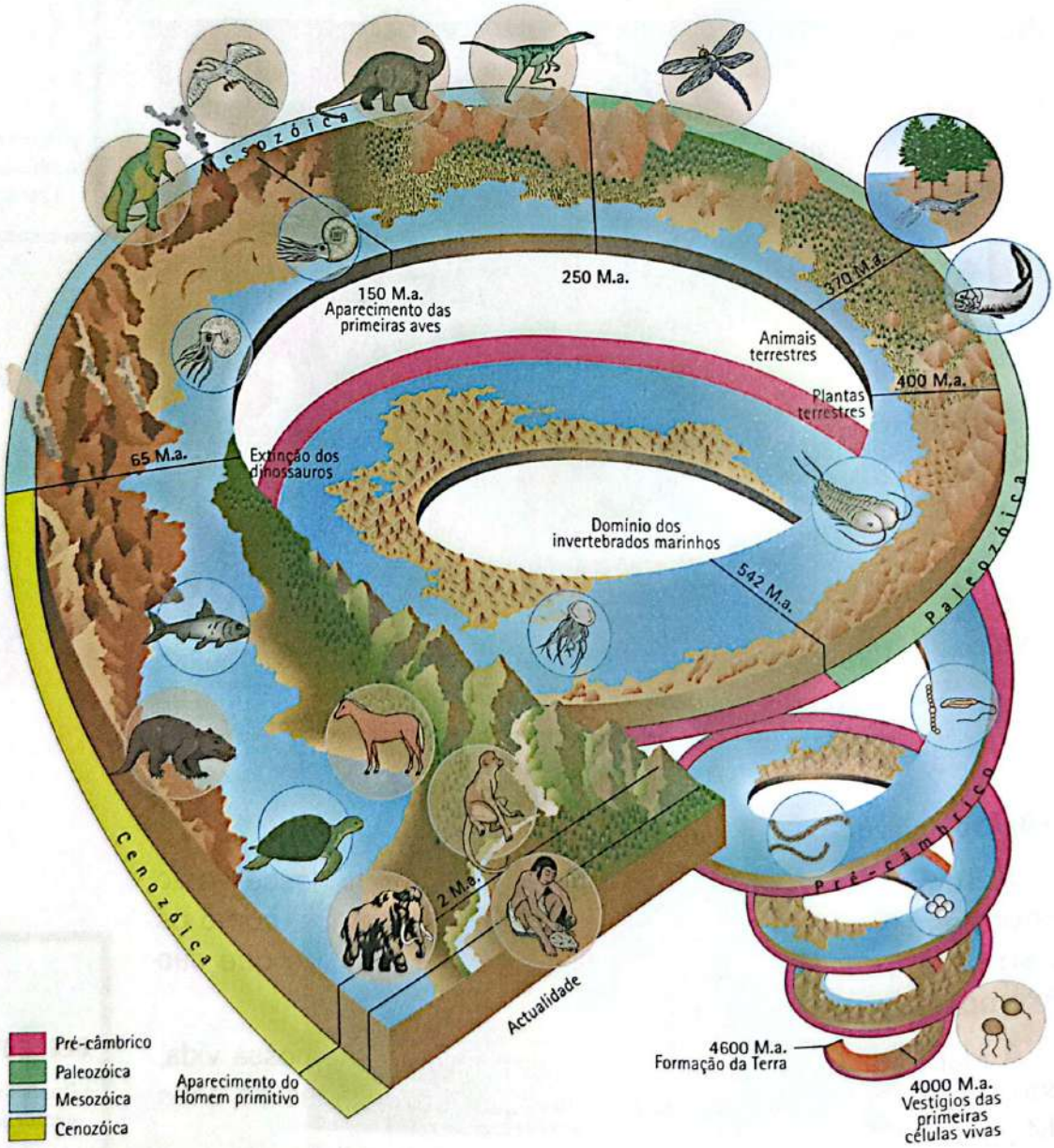
4.1.8. Etapas da história da Terra

A história da Terra está dividida em quatro etapas geológicas, chamadas eras, que se caracterizam pela forma como se encontravam distribuídos os continentes e os oceanos e pelo tipo de organismos que neles viviam:

- Era Pré-câmbrica;
- Era Paleozóica;
- Era Mesozóica;
- Era Cenozóica.

A era Pré-câmbrica representa mais de 85% da História da Terra. É muito extensa relativamente às restantes, devido à existência de poucos fósseis que possam fornecer indicações sobre os factos ocorridos nesse tempo.

Alguns acontecimentos importantes que fazem parte da história da Terra estão referidos no esquema e na tabela seguintes.



60. Etapas da história da Terra.

Digitalizada com CamScanner

Tabela I – Acontecimentos mais significativos da história da Terra.

Sequência de acontecimentos

Idade (M.a.)	Era	Acontecimentos mais significativos
2	Cenozóica	• Evolução do Homem até à forma actual • Aparecimento do Homem • Evolução da fauna e da flora • Grande diversidade de mamíferos em todos os ambientes • As plantas com flor são dominantes
65 – 150	Mesozóica	• Extinção dos dinossauros • Surgem as primeiras aves • Os grandes répteis, como os dinossauros, dominam os continentes • Surgem os primeiros mamíferos • Aparecimento das primeiras plantas com flor • Grande diversidade de invertebrados e vertebrados
251 – 400	Paleozóica	• Grande abundância de insectos e de outros invertebrados • Formam-se grandes florestas • Surgem as primeiras plantas terrestres – os fetos • Surgem os primeiros anfíbios e répteis • Surgem os primeiros peixes • A vida evolui no mar
542 – 3900 – 4000 – 4600	Pré-câmbrica	• Surgem os primeiros seres pluricelulares • Surgem os seres unicelulares eucariontes • Surgem os seres unicelulares procariontes (bactérias e algas-azuis) • Origem da vida • Formam-se as rochas mais antigas • Origem da Terra

SABER +

QUERES SABER MAIS?

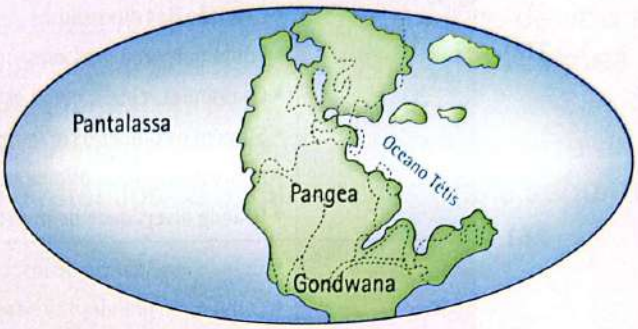
- **Em 2005, após a erupção de um vulcão na região de Afar, na Etiópia, começou a abrir-se, naquela zona, uma fenda de 60 quilómetros de comprimento que está a crescer desde essa data.**

61. Região de Afar.

Digitalizada com CamScanner

62. Corno de África.

- Os cientistas que estão a estudar estas mudanças geológicas pensam que o mar acabará por entrar na fenda, criando um oceano que irá dividir o continente africano em duas partes. A África ficará mais pequena e parte da Etiópia e da Somália localizada no chamado "Corno de África" transformar-se-á numa grande ilha do Oceano Índico (fig. 62).
- Em 1912, o cientista alemão Alfred Wegener apresentou a teoria da Deriva dos Continentes. Segundo esta teoria, todos os continentes teriam estado juntos, no passado, formando um único continente. Assim, na era Paleozóica, existia na Terra apenas um supercontinente – o Pangea (fig. 63).

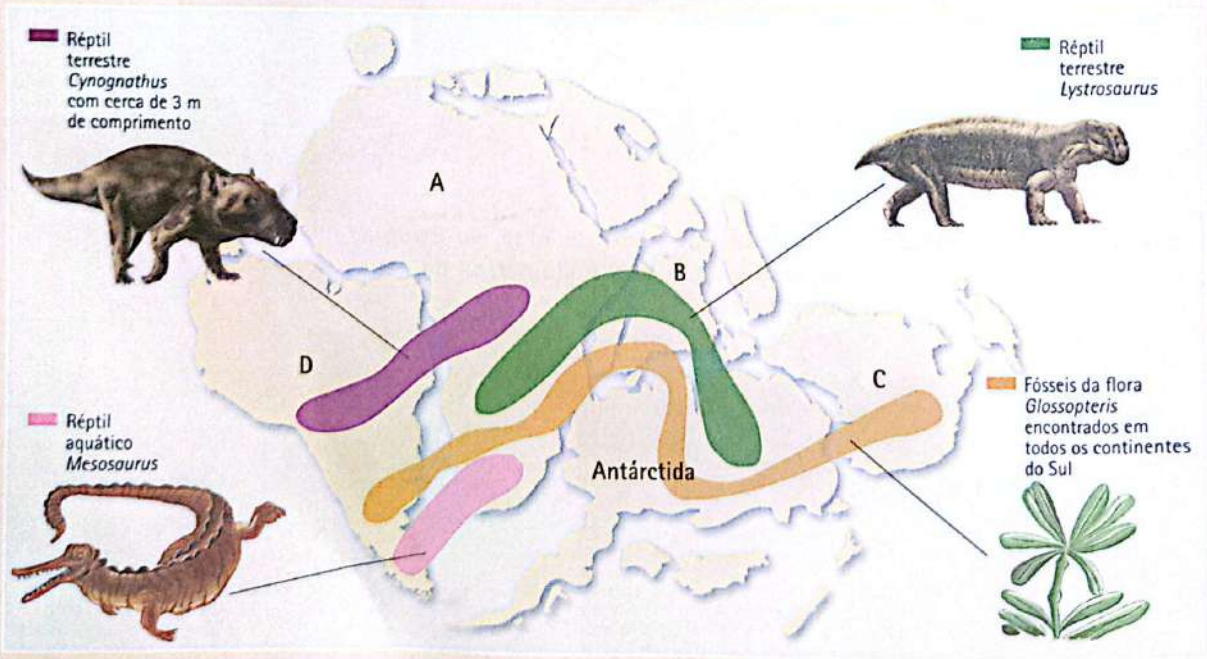


63. O supercontinente Pangea.

As evidências que apoiam esta teoria são, entre outras:

- a morfologia dos contornos dos continentes actuais: a costa oeste de África e a costa leste da América encaixam uma na outra, como peças de um *puzzle*;
- a existência de fósseis dos mesmos seres vivos em locais agora muito distantes uns dos outros (fig. 64).

Ao longo da história da Terra, o Pangea fragmentou-se em diversos blocos, que começaram a separar-se na era Mesozóica, até chegar à distribuição actual dos continentes e dos oceanos.



64. Registos fósseis semelhantes nos diversos continentes.

Digitalizada com CamScanner

SÍNTESE

- Evolução é a história da Terra, escrita pelos seres vivos que a foram povoando e se foram transformando ao longo do tempo.
- A vida surgiu dentro da água, na Terra primitiva, a partir da formação de moléculas orgânicas que foram evoluindo até à origem das primeiras células.
- Os primeiros seres vivos eram heterotróficos. O aparecimento de seres autotróficos possibilitou o surgimento de seres aeróbios e a formação da camada de ozono.
- A experiência de Miller demonstrou que é possível a formação de moléculas orgânicas nas condições da Terra primitiva.
- Consideram-se duas hipóteses para explicar a origem e a diversidade dos seres vivos: o Fixismo e o Evolucionismo.
- As teorias evolucionistas são o Lamarckismo, o Darwinismo e o Neodarwinismo.
- O Neodarwinismo é, actualmente, a teoria da evolução aceite no mundo da Ciência.
- Os argumentos a favor da evolução são: anatómicos, paleontológicos, embriológicos, biogeográficos, citológicos e bioquímicos.
- A antropogénese é o estudo da origem e evolução do Homem, a partir de um ancestral comum como os primatas superiores. Os principais factores de antropogénese são a encefalização e a posição bipede.
- Os primeiros hominídeos pertenciam ao género *Australopithecus* e já tinham postura erecta, embora caminhassem curvados.
- O *Homo habilis* produzia ferramentas de pedra.
- O *Homo erectus* utilizava o fogo, iniciou a linguagem articulada e cobria-se com peles de animais.
- Os homens posteriores ao *Homo erectus* pertencem à espécie *Homo sapiens*: o *Homo sapiens neanderthalensis* e o *Homo sapiens sapiens*, o qual deu origem ao Homem actual.
- A classificação sistemática actual do Homem é a seguinte:
  - Reino Animalia
  - Filo Chordata
  - Subfilo Vertebrata
  - Classe Mammalia
  - Ordem Primata
  - Família Hominidae
  - Género *Homo*
  - Espécie *Homo sapiens*
- O conceito da raça humana não tem base científica. Todos os homens são iguais e as diferenças que apresentam derivam da adaptação às diversas condições ambientais onde evoluíram.
- A Terra formou-se há aproximadamente 4600 M.a.
- As etapas da evolução da Terra dividem-se em eras: Pré-Câmbrica, Paleozóica, Mesozóica e Cenozóica.

Digitalizada com CamScanner

3 AVALIAÇÃO FINAL

1. Com a sua experiência, Miller demonstrou que (selecciona a resposta correcta):

A. os aminoácidos são moléculas orgânicas. ☐

B. o vapor de água formou-se nas condições da Terra primitiva. ☐

C. as moléculas orgânicas formaram-se nas condições da Terra primitiva. ☐

D. os aminoácidos são moléculas essenciais à vida. ☐

2. Justifica as seguintes afirmações.

2.1. As primeiras formas de vida só podiam ter sobrevivido dentro de água.

2.2. A partir de certo momento, os seres vivos saíram da água e espalharam-se pela Terra.

66. Herbívoro.

3. Considera as frases seguintes.

I. Os herbívoros, de tanto comerem vegetais, ficaram com o intestino longo.

II. Como têm o intestino longo, os herbívoros podem alimentar-se de vegetais.

Podemos considerar que (selecciona a resposta correcta):

A. as duas frases são darwinistas. ☐

B. a 1.ª frase é darwinista e a 2.ª é lamarckista. ☐

C. as duas frases são lamarckistas. ☐

D. a 1.ª frase é lamarckista e a 2.ª é darwinista. ☐

4. A lei do uso e do desuso e a transmissão das características adquiridas caracterizam o (selecciona a resposta correcta):

A. Criacionismo. ☐

B. Lamarckismo. ☐

C. Darwinismo. ☐

D. Fixismo. ☐

Digitalizada com CamScanner

5. A diversidade é fonte de evolução. O processo que contribui para a diversidade com material genético novo é a (selecciona a resposta correcta):

A. recombinação génica. ☐
B. reprodução sexuada. ☐
C. selecção natural. ☐
D. reprodução assexuada. ☐

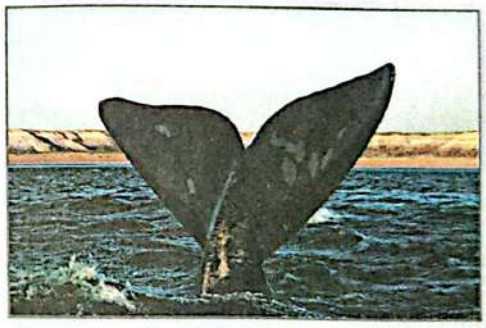
6. Considera os conceitos seguintes, referentes à evolução:

I. Adaptação ao meio
II. Selecção natural
III. Lei do uso e do desuso
IV. Herança dos caracteres adquiridos

6.1. Assinala a opção que indica os conceitos que foram considerados por Lamarck:

A. I, II e III. ☐
B. II, III e IV. ☐
C. I, III e IV. ☐
D. I, II e IV. ☐

7. A asa do morcego e a barbatana da baleia podem considerar-se (selecciona a resposta correcta):



67. Cauda de uma baleia.

A. estruturas análogas. ☐
B. estruturas homólogas. ☐
C. estruturas vestigiais. ☐
D. formas de transição. ☐

8. O cóccix do Homem é considerado uma (selecciona a resposta correcta):

A. estrutura análoga. ☐
B. estrutura homóloga. ☐
C. estrutura vestigial. ☐
D. forma de transição. ☐

9. Um dos factores responsáveis pela variabilidade genética é a recombinação génica. Este fenómeno só ocorre em seres que apresentam (selecciona a opção correcta):

A. fecundação interna. ☐
B. mutações. ☐
C. reprodução assexuada. ☐
D. reprodução sexuada. ☐

Digitalizada com CamScanner

10. Considera as seguintes frases relativas à evolução:

I. A girafa evoluiu de ancestrais com pescoço curto, órgão que se foi desenvolvendo gradualmente devido ao esforço para chegarem às folhas das árvores mais altas.

II. Os ancestrais da girafa apresentavam pescoços de comprimento variável. Após algumas gerações, as girafas apresentavam pescoços mais compridos devido à selecção natural.

III. Os indivíduos mais bem adaptados ao ambiente produzem mais descendentes.

IV. As características devidas ao uso são transmitidas à descendência.

10.1. Assinala a opção correcta:

A. I e II estão de acordo com Lamarck e III e IV com Darwin. ☐

B. I e IV estão de acordo com Darwin e II e III com Lamarck. ☐

C. I e IV estão de acordo com Lamarck e II e III Darwin. ☐

D. I, II e III estão de acordo com Darwin e IV com Lamarck. ☐

11. Os primeiros hominídeos com postura bípede pertecem à espécie (selecciona a opção correcta):

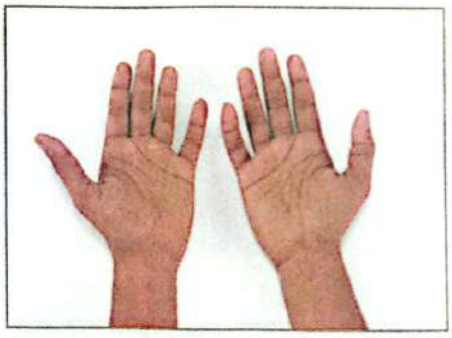
A. *Homo sapiens.* ☐

B. *Homo erectus.* ☐

C. *Australopithecus.* ☐

D. *Homo habilis.* ☐

12. Descreve em poucas palavras a importância da libertação da mão e da linguagem na evolução do Homem.



68. As mãos do Homem.

13. Onde e como surgiu o grupo dos *Australopithecus*?

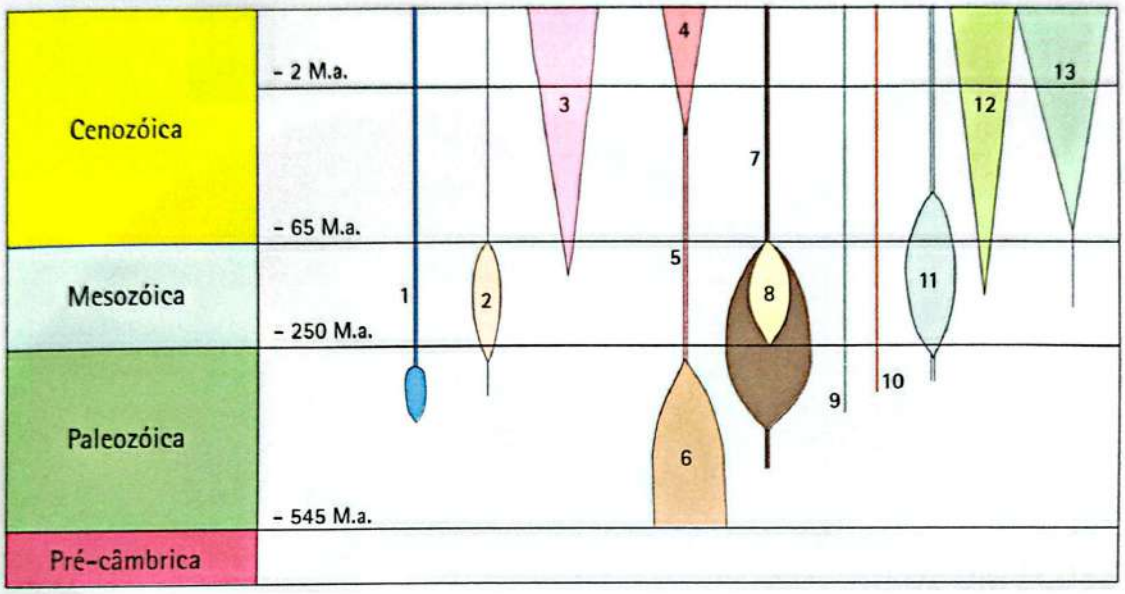
14. Quais são os principais factores da antropogénese?

Digitalizada com CamScanner

15. Indica a classificação sistemática do Homem.

16. Quais são as etapas em que se divide a história da Terra?

17. Observa o quadro da figura 69, que mostra alguns aspectos da evolução da vida ao longo da história da Terra.



69.

17.1. Em que era se verificou a maior abundância de plantas gimnospérmicas?

17.2. Que grupo de animais foi predominante ao mesmo tempo que as gimnospérmicas?

17.3. Qual é o grupo de plantas que predomina actualmente?

17.3.1. Em que era surgiram os primeiros representantes deste grupo?

Digitalizada com CamScanner

Joaninha (*Coccinella septempunctata*) pousada numa folha.

Digitalizada com CamScanner

4 ECOLOGIA

1.
INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA ECOLOGIA

2.
ECOSSISTEMAS

3.
PROCESSOS COMUNS DENTRO DE UM ECOSSISTEMA

4.
ALTERAÇÕES DOS ECOSSISTEMAS

5.
PROTECÇÃO DOS ECOSSISTEMAS

Digitalizada com CamScanner

4 ECOLOGIA

1. Introdução ao estudo da ecologia

DESCOBRE

- **Quais são as interacções entre os seres vivos e os factores abióticos?**
- **Qual é a diferença entre cadeia e teia alimentar?**

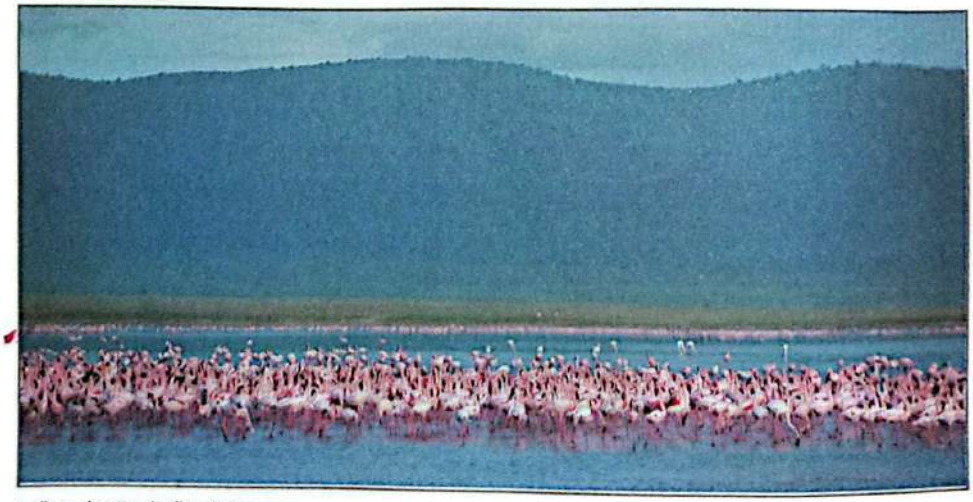
Desde muito cedo que os seres humanos possuem um conhecimento empírico no domínio da ecologia, já que precisavam de conhecer os fenómenos naturais, assim como os animais e plantas à sua volta, para deles se protegerem ou tirarem proveito, de modo a sobreviverem, usando os recursos naturais disponíveis.

A palavra ecologia foi usada pela primeira vez em 1869 por Ernest Haeckel, biólogo alemão. Deriva de *oikos*, palavra grega que significa "casa", e de *logos*, que significa "estudo". **Ecologia** é, assim, a designação da ciência que estuda as relações que os organismos estabelecem entre si e com o ambiente natural em que vivem.

A zona da Terra onde se situam os ambientes naturais que contêm os seres vivos a eles adaptados denomina-se biosfera.

Na ecologia estudam-se os níveis de organização dos seres vivos na biosfera a partir da espécie. **Espécie** é o conjunto de organismos com formas semelhantes que podem cruzar-se entre si, originando descendentes férteis.

Os organismos da mesma espécie que vivem numa determinada área constituem uma **população**, como, por exemplo, as pessoas de uma localidade, as abelhas de um enxame, as mandioqueiras de uma machamba ou os flamingos de um lago (fig. 1).



1. População de flamingos.

Digitalizada com CamScanner

O conjunto das várias populações que habitam uma determinada área e que se relacionam entre si constitui uma **comunidade biótica** ou **biocenose**. Por exemplo, uma floresta é uma comunidade biótica composta por populações de árvores, arbustos, pássaros, formigas, borboletas e cobras (fig. 2).

2. Uma floresta é uma comunidade biótica.

O lugar que a comunidade biótica ocupa e onde desenvolve a sua actividade é o seu **biótopo**. No biótopo, os seres vivos são influenciados pelas características do solo e pela maior ou menor facilidade de acesso à água, assim como pelas condições climáticas, tais como a temperatura, o vento ou a luz.

Estas características do ambiente que condicionam a variedade e a quantidade de seres vivos numa comunidade são chamadas **factores abióticos**.

Por outro lado, os seres vivos da comunidade também influenciam o biótopo que ocupam. Por exemplo, todas as plantas enviam para a atmosfera o oxigénio que será usado pelos animais na sua respiração, e algumas enriquecem o solo com azoto. Os animais dão ao solo adubos orgânicos. Alguns alimentam-se de plantas e servem, por sua vez, de alimento a outros animais.

As relações existentes entre os seres vivos de uma comunidade e a acção destes sobre o ambiente designam-se **factores bióticos**.

Ao conjunto dos factores bióticos e abióticos dá-se o nome de **factores ecológicos**.

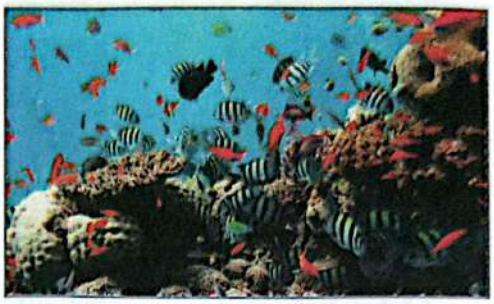
O biótopo e a comunidade biótica estão assim inter-relacionados, formando, juntos, um **ecossistema**.

Biótopo + Comunidade biótica = Ecossistema

Digitalizada com CamScanner

Num dado ecossistema, cada espécie vive numa determinada área ou "casa", a que se chama ***habitat***. Por exemplo, para referir o local onde vivem as girafas e o rinoceronte, dizemos que o seu *habitat* é a savana (fig. 3). O *habitat* do tubarão e de outras espécies de peixes é o oceano (fig. 4). O *habitat* das corujas e dos corvos são as árvores.

3. O rinoceronte no seu *habitat*.



4. O oceano é o *habitat* de diversas espécies.

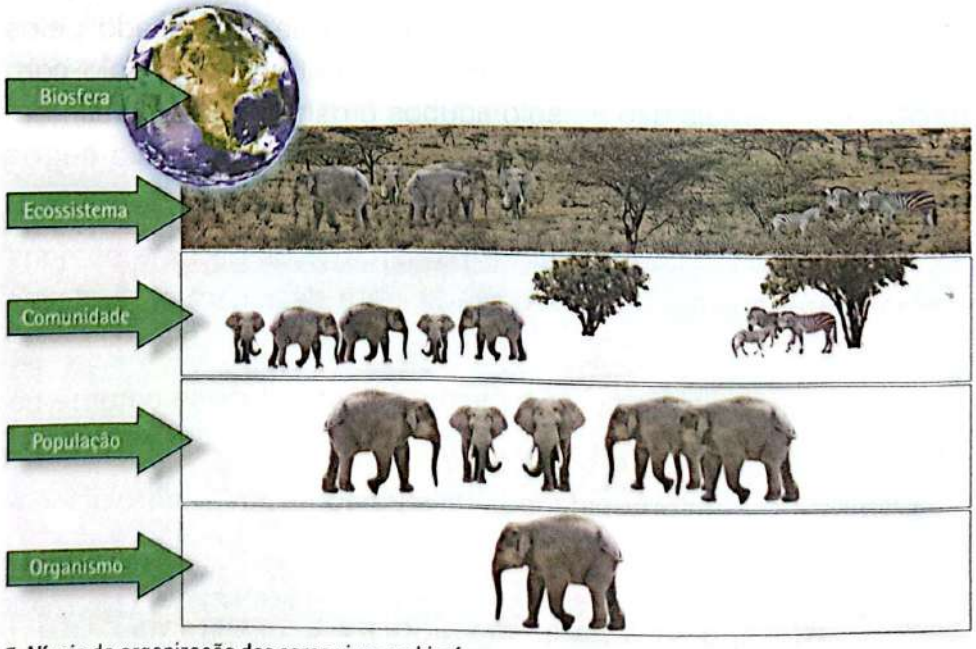
5. Coruja.

6. Corvo.

O **nicho ecológico** é o conjunto de relações e actividades próprias de uma espécie. É o seu "modo de vida" particular, isto é, indica o papel que os indivíduos dessa espécie desempenham na comunidade: o tipo de alimento, a altura do dia em que se alimentam, a época do ano em que se reproduzem, o tipo de abrigo, os seus inimigos, etc. Por exemplo, a coruja e o corvo têm o mesmo *habitat*, mas a coruja vive nos buracos dos troncos das árvores, enquanto o corvo constrói os ninhos nos ramos. Deste modo, têm nichos ecológicos diferentes (figs. 5 e 6).

O conjunto de todos os ecossistemas da Terra, isto é, a zona da Terra que contém vida, forma a biosfera.

O esquema da figura 7 apresenta alguns dos níveis de organização dos seres vivos na biosfera.



7. Níveis de organização dos seres vivos na biosfera.

Digitalizada com CamScanner

2. Ecossistemas

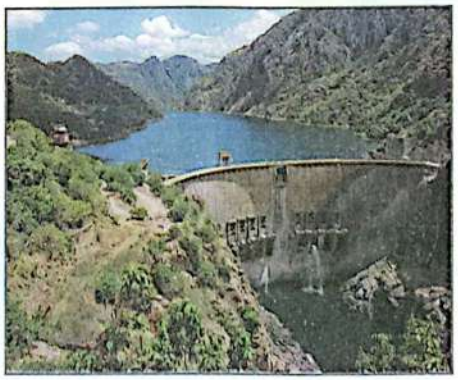
Quanto às suas dimensões, os ecossistemas podem ser classificados como:

- Macroecossistemas – quando ocupam grandes zonas da superfície terrestre, como, por exemplo, os oceanos;
- Mesoecossistemas – quando ocupam zonas médias da superfície da Terra, como, por exemplo, as florestas;
- Microecossistemas – quando são muito pequenos, ocupando pequenas áreas e contendo seres vivos de dimensões reduzidas, como, por exemplo, uma poça de água ou um tronco de uma árvore.

Existe uma grande diversidade de ecossistemas, mas os principais tipos são:

- **Ecossistemas naturais** – terrestres (bosques, florestas ou desertos) ou aquáticos (rios, oceanos, lagos e estuários) (fig. 8);
- **Ecossistemas artificiais** – construídos pelo Homem (aquários, represas, plantações e barragens) (fig. 9).

8. O deserto é um ecossistema natural.



9. Uma barragem é um ecossistema artificial.

2.1. Relações entre os seres vivos de uma comunidade

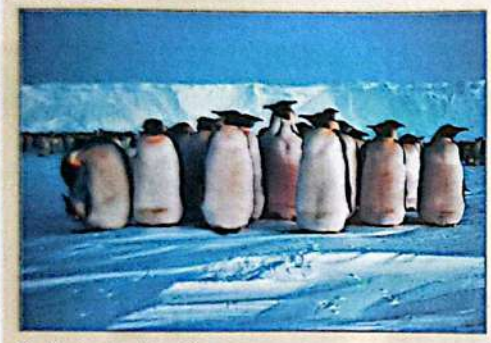
As relações que se estabelecem entre os seres vivos de uma comunidade podem ser de dois tipos:

- relações **intra-específicas**, quando se verificam entre organismos da mesma espécie;
- relações **interespecíficas**, quando se verificam entre organismos de espécies diferentes.

As tabelas I e II apresentam, respectivamente, exemplos de relações intra-específicas e interespecíficas.

Digitalizada com CamScanner

Tabela I – Relações intra-específicas.

TIPO DE RELAÇÃO	CARACTERÍSTICAS	EXEMPLOS
Competição Veados a lutar.	Os indivíduos **competem** entre si para satisfazerem as suas necessidades alimentares, de território ou de reprodução.	– Os veados lutam até à morte pelo seu território. – Os leões lutam pela mesma fêmea, com a qual o mais forte acasalará, originando descendência. – Os machos de algumas aves, na altura do acasalamento, assinalam o território com o seu canto, impedindo a aproximação de outros. – As plantas competem pela luz.
Cooperação  Colónia de pinguins.	**Colónia:** os indivíduos agrupam-se para obter um benefício comum a todos, como favorecer a reprodução, proteger-se do frio e dos inimigos ou facilitar a procura de alimento.	– Os pinguins vivem em colónias numerosas, o que permite uma melhor protecção contra o frio das regiões onde vivem. – Os corais são unidos uns aos outros, actuando em conjunto.
 Sociedade de abelhas.	**Sociedade:** os indivíduos agrupam-se de forma organizada, possuindo uma hierarquia; cada um tem a sua função e actividade específica, havendo diferenciação de funções.	– As abelhas estão organizadas em sociedade. A rainha põe os ovos e cuida dos alimentos. Os zângãos defendem o enxame e as obreiras procuram o alimento. – As formigas também estão organizadas em sociedade. – O Homem vive na sociedade mais especializada do reino animal.
Canibalismo Louva-a-deus.	Um indivíduo mata o outro, da mesma espécie, para se alimentar.	– O louva-a-deus fêmea e a aranha viúva-negra comem os machos depois de terem sido fecundadas.

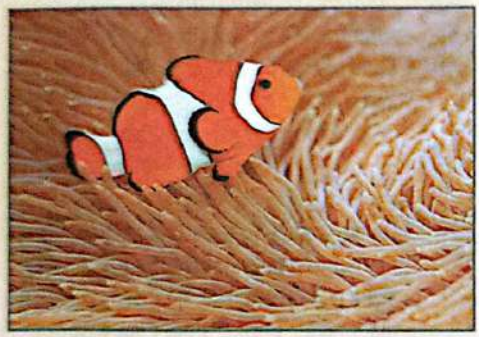
Digitalizada com CamScanner

Tabela II – Relações interespecíficas.

TIPO DE RELAÇÃO	CARACTERÍSTICAS	EXEMPLOS
Predação Leão ataca um boi-cavalo.	Uma das espécies, geralmente a mais forte, mata a outra para se alimentar. A espécie beneficiada chama-se **predadora** e a prejudicada chama-se **presa**.	– Um leão mata e come um herbívoro. – A águia mata e come as cobras. – Alguns pássaros alimentam-se de insectos. – As cobras matam e comem os ratos. – As plantas carnívoras alimentam-se de insectos que nelas poisam, atraídos pelas suas flores. – O milhafre caça pequenos pássaros ou roedores. – As lagartixas comem os mosquitos.
Mutualismo Abelha numa flor. Líquen.	Indivíduos de espécies diferentes associam-se e **cooperam** para benefício mútuo. Quando a associação é fundamental para a sobrevivência de ambas as espécies, isto é, quando uma espécie não pode viver separada da outra, esta relação chama-se **simbiose**. É o caso dos líquenes.	– As abelhas e as borboletas alimentam-se do néctar das flores. Ao mesmo tempo, estes insectos realizam a polinização. – Algumas aves que acompanham o gado alimentam-se de insectos que ficam a descoberto no solo e também de parasitas que vivem agarrados à superfície do corpo dos animais, que assim ficam livres deles. – Os líquenes são uma simbiose de uma alga com um fungo. O fungo absorve água e sais minerais que ficam disponíveis para a alga. Esta elabora matéria orgânica que serve de alimento ao fungo. – As térmites não são capazes de digerir a celulose da madeira que ingerem. Mas no seu intestino vivem bactérias e protozoários que fazem essa digestão e só sobrevivem no tubo digestivo das térmites. Estes microrganismos podem viver também em simbiose com outros insectos, como as baratas.
Competição Búfalos e zebras.	Indivíduos de espécies diferentes com nichos ecológicos semelhantes **competem** muitas vezes pelos mesmos recursos – água, alimento, espaço – quando estes existem em pouca quantidade.	– O búfalo e a zebra vivem no mesmo ecossistema e competem pelo mesmo tipo de alimento e pela água. – A coruja e a cobra alimentam-se de rãs do mesmo lago. – As plantas competem pela água e pelos sais minerais do solo.

Digitalizada com CamScanner

Tabela II – Relações interespecíficas (continuação).

TIPO DE RELAÇÃO	CARACTERÍSTICAS	EXEMPLOS
Parasitismo Carraça.	Um indivíduo de uma espécie – **parasita** – vive à custa de outro de espécie diferente – **hospedeiro** –, geralmente, sem lhe provocar a morte. Os parasitas que vivem no interior do hospedeiro chamam-se **endoparasitas** e os que vivem sobre o corpo do hospedeiro chamam-se **ectoparasitas**.	– As carraças, as pulgas e os piolhos são ectoparasitas que se alimentam do sangue dos seus hospedeiros. – A ténia e as lombrigas são endoparasitas que vivem no intestino do homem, alimentando-se à custa das substâncias orgânicas digeridas por este. – Os pulgões são ectoparasitas das plantas, das quais sugam a seiva elaborada. – A cuscuta é uma planta desprovida de clorofila, não podendo realizar a fotossíntese. Por isso, os seus caules envolvem a planta hospedeira, formando sugadouros que penetram no floema e retiram uma parte da seiva elaborada.
Comensalismo  Peixe-palhaço escondido numa anémona.	Indivíduos de espécies diferentes vivem em conjunto, sendo um deles indiferente à presença do outro, que, por seu lado, aproveita a protecção, transporte ou restos de alimento.	– Alguns peixes escondem-se dos seus inimigos entre os tentáculos das anémonas ou entre os corais. – As plantas epífitas, como, por exemplo, certas orquídeas, vivem sobre o tronco de árvores altas; alimentam-se a partir de substâncias que retiram do ar e da água das chuvas. As árvores sobre as quais vivem não são prejudicadas, servindo-lhes somente de suporte. – Nas florestas, as trepadeiras utilizam as árvores como suporte para terem acesso à luz. – As hienas acompanham os leões nas suas caçadas, alimentando-se dos restos deixados por eles.

3. Processos comuns dentro de um ecossistema

3.1. Cadeia alimentar

A energia necessária para que todos os seres vivos de um ecossistema possam realizar as suas funções é obtida através do processo de fotossíntese, realizada pelas plantas e pelas algas. Elas transformam a energia luminosa do Sol em energia química, que é armazenada nas suas moléculas orgânicas.

Nem toda a energia luminosa do Sol é aproveitada pelas plantas. Mais de metade perde-se em forma de calor. Apenas 1 % da energia que chega ao solo é transformada pelas plantas em matéria orgânica.

As plantas e as algas, por serem capazes de transformar a energia luminosa em energia química, são chamadas **seres autotróficos** ou **produtores**.

Digitalizada com CamScanner

Os seres vivos que não são capazes de realizar a fotossíntese consomem directa ou indirectamente as substâncias orgânicas produzidas pelas plantas. Chamam-se, por isso, seres **heterotróficos** ou **consumidores**.

Estabelecem-se, assim, relações alimentares entre todos os organismos que vivem num determinado ecossistema. Estas relações representam-se por uma **cadeia alimentar** ou **cadeia trófica**, constituída por uma sequência de organismos através dos quais passa o alimento.

A cadeia alimentar indica que cada organismo come o que está antes dele e é, por sua vez, alimento do organismo seguinte. Por exemplo:

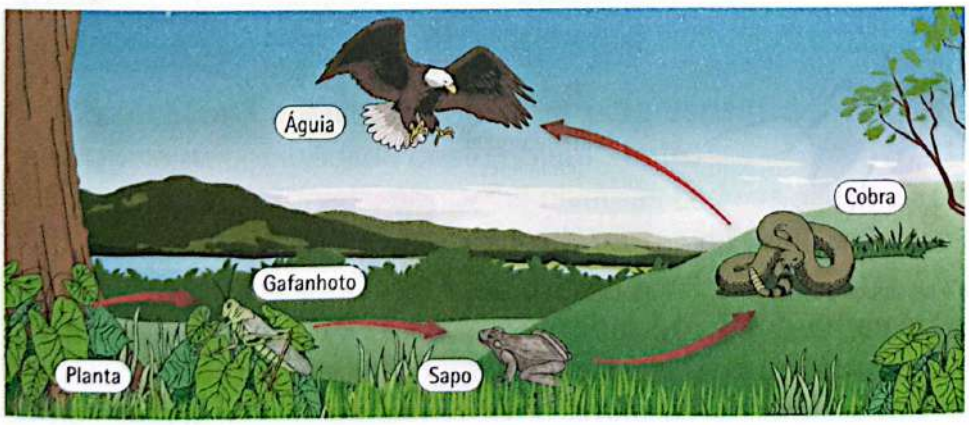
planta → gafanhoto → sapo → cobra → águia

Os organismos de um ecossistema que têm o mesmo tipo de alimentação constituem um **nível trófico**.

Cada cadeia alimentar é constituída por vários níveis tróficos:

- **1.º nível trófico**, ocupado pelos **produtores (P)**;
- **2.º nível trófico**, constituído pelos **consumidores primários ou de 1.ª ordem (C1)**;
- **3.º nível trófico**, ocupado pelos **consumidores secundários ou de 2.ª ordem (C2)**;
- **4.º nível trófico**, constituído pelos **consumidores terciários ou de 3.ª ordem (C3)**.

Podem existir cadeias alimentares com níveis tróficos mais elevados, mas os animais que os ocupam fazem também parte, ao mesmo tempo, de outras cadeias. Como a quantidade de matéria vai diminuindo à medida que o nível sobe, uma cadeia alimentar não é, na maior parte dos casos, suficiente para mais do que quatro níveis (fig. 10).

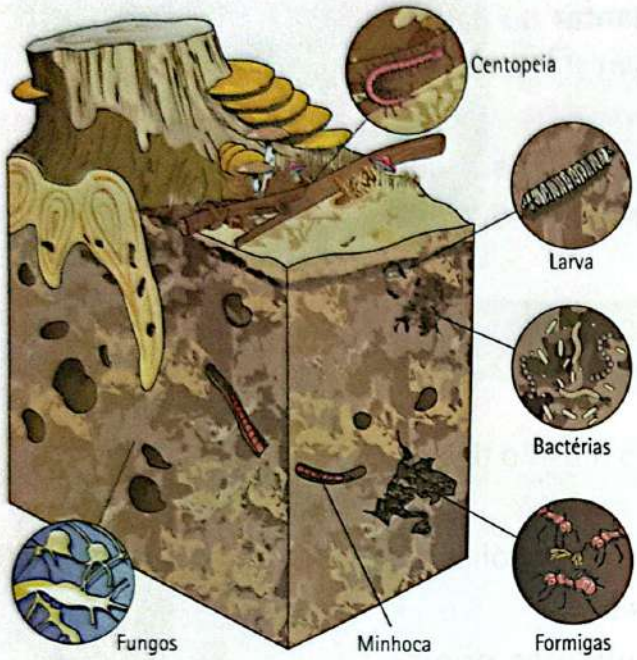


10. Cadeia alimentar.

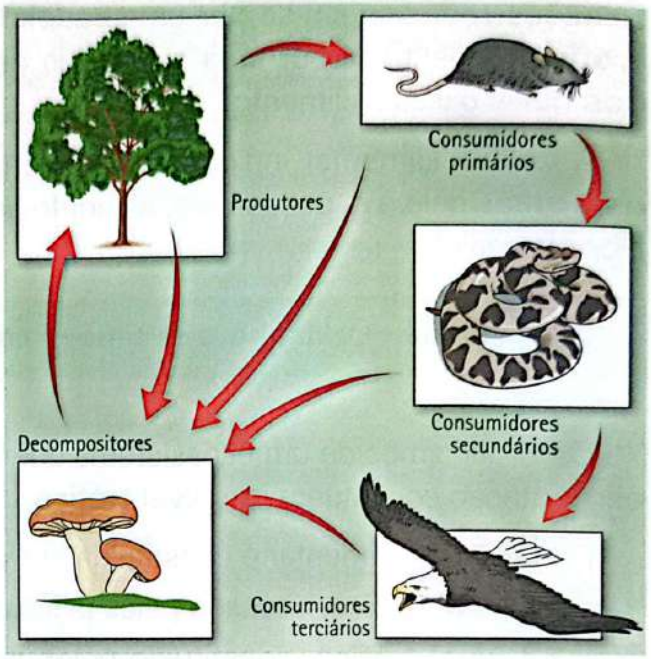
11.

Digitalizada com CamScanner

Os **decompositores**, como por exemplo a minhoca, a maria-café, a formiga, as bactérias e os fungos, também fazem parte das cadeias alimentares, pois transformam a matéria orgânica morta proveniente de todos os níveis tróficos em matéria inorgânica, que volta a ser retirada do solo pelas plantas (figs. 12, 13 e 14).



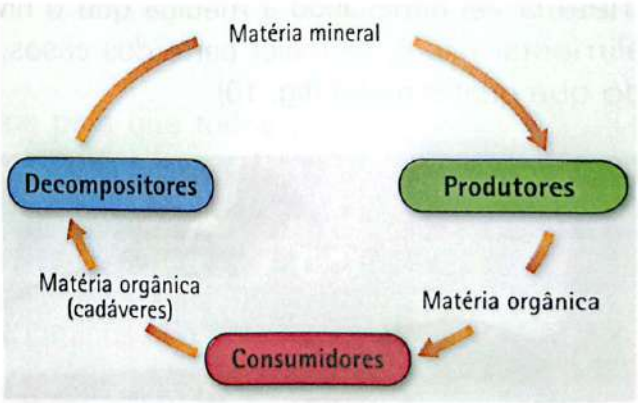
12. Decompositores no solo.



13. Os decompositores reciclam a matéria, tornando-a novamente disponível para os produtores.

As plantas irão transformar a matéria inorgânica em matéria orgânica, que passará através das cadeias alimentares, sendo de novo transformada pelos decompositores em substâncias minerais que voltarão a ser utilizadas pelas plantas, num percurso cíclico que constitui o **ciclo da matéria** (fig. 15).

14. A formiga é um decompositor.



15. Ciclo da matéria.

Digitalizada com CamScanner

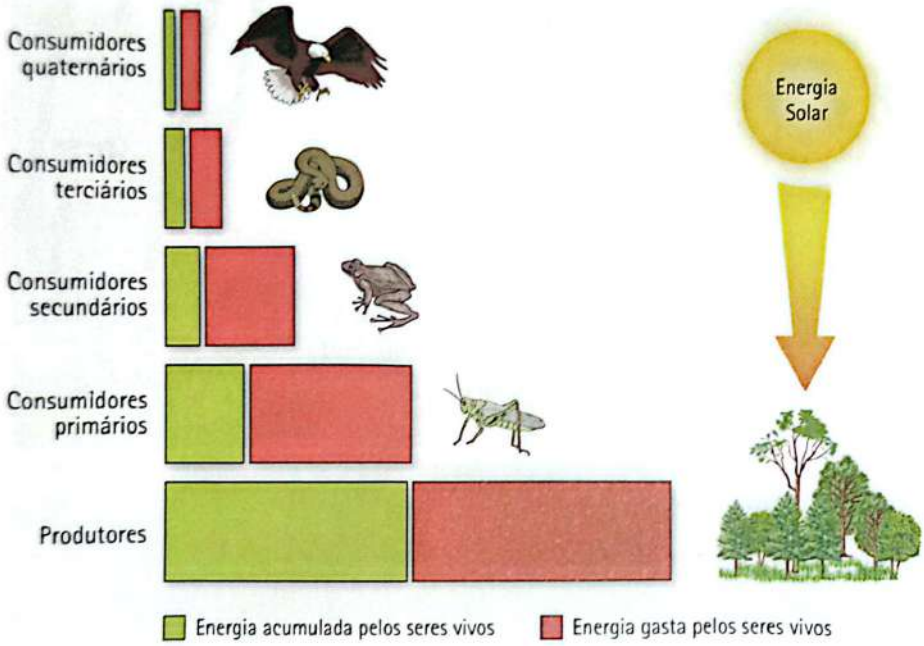
3.2. Fluxo de energia

Nas cadeias alimentares que se estabelecem nos ecossistemas, a energia química acumulada nos alimentos passa de um nível trófico para o seguinte.

A transferência de energia faz-se numa única direcção. Inicia-se com a captação da energia luminosa pelos produtores e termina pela acção dos decompositores. A energia tem assim um percurso acíclico que é chamado **fluxo de energia** (fig. 16).

À medida que atravessa uma cadeia alimentar, a energia vai diminuindo, já que em cada nível uma parte dela é consumida para garantir a manutenção da vida dos organismos e perdida em forma de calor ou nas excreções. Tal como sucede com a matéria orgânica, também a energia numa cadeia alimentar não é suficiente para suportar muitos níveis tróficos.

VOCABULÁRIO
Acíclico: que não tem ciclo.



16. Fluxo de energia.

3.3. Teia alimentar

Normalmente não existem cadeias alimentares isoladas nos ecossistemas. Os consumidores podem pertencer ao mesmo tempo a várias cadeias alimentares, pois variam de alimento conforme a disponibilidade deste no ambiente.

O conjunto das relações entre as diversas cadeias alimentares num ecossistema forma uma **teia alimentar** ou uma **rede trófica** (fig. 17).

As cadeias alimentares iniciam-se com um único organismo produtor, mas uma teia alimentar pode ter vários produtores. A complexidade das teias alimentares limita o número de níveis tróficos, tal como acontece nas cadeias.

Digitalizada com CamScanner

17. Teia alimentar.

3.4. As pirâmides ecológicas

As transferências de matéria e energia num ecossistema podem representar-se por meio de **pirâmides ecológicas**.

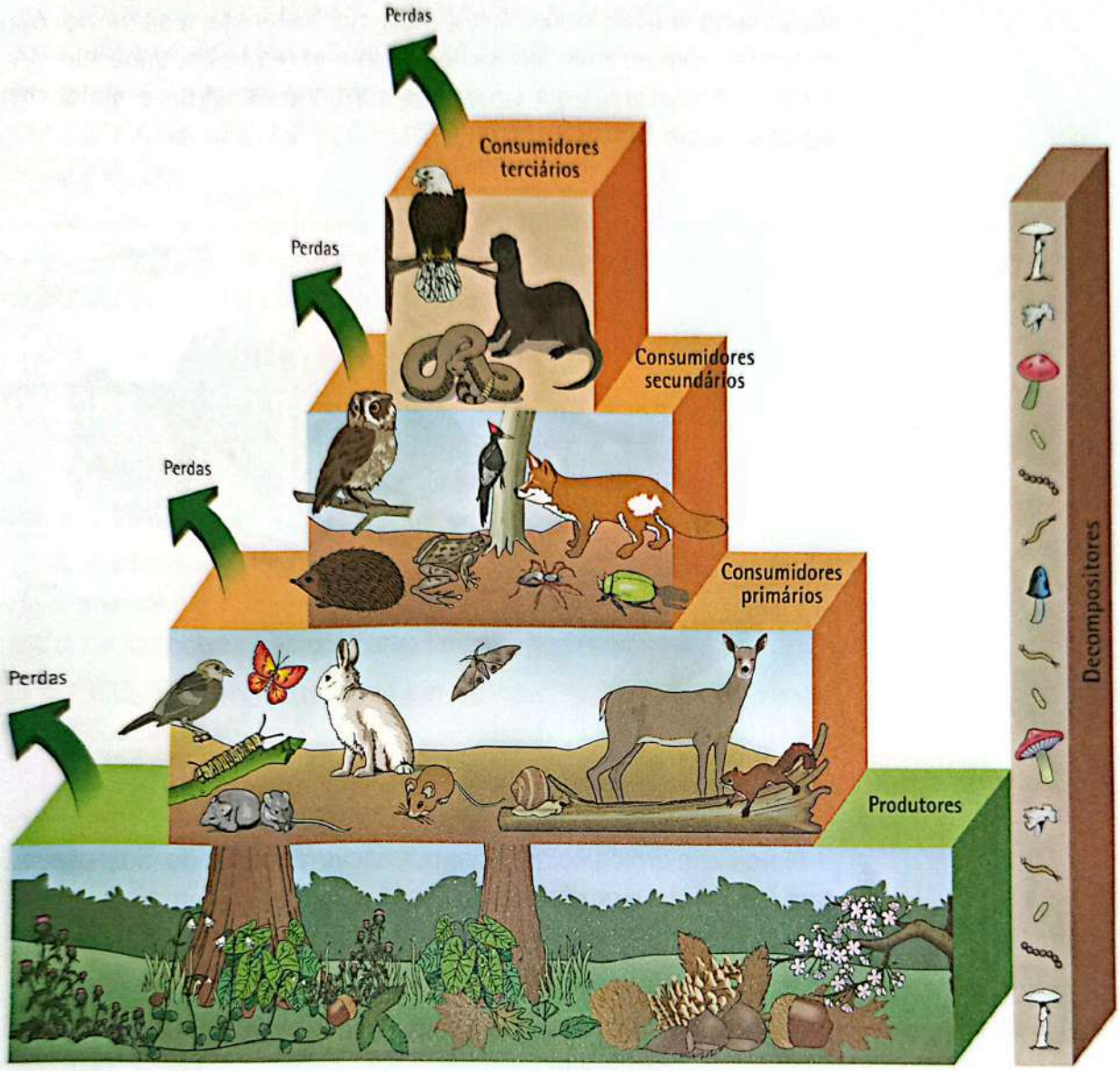
A base da pirâmide é formada pelos produtores.

Os níveis tróficos seguintes representam-se por degraus, que vão sendo mais pequenos à medida que se avança para o vértice, devido às perdas que se registam de um nível para o outro.

Os decompositores, como recebem matéria orgânica de todos os níveis, representam-se numa coluna vertical, ao lado da pirâmide (fig. 18).

Digitalizada com CamScanner

As pirâmides ecológicas podem ser de números, de energia ou de biomassa.



18. Pirâmide ecológica.

3.5. Ciclos biogeoquímicos

Os elementos químicos provenientes da degradação da matéria retornam ao ambiente, onde poderão voltar a fazer parte de outros seres vivos.

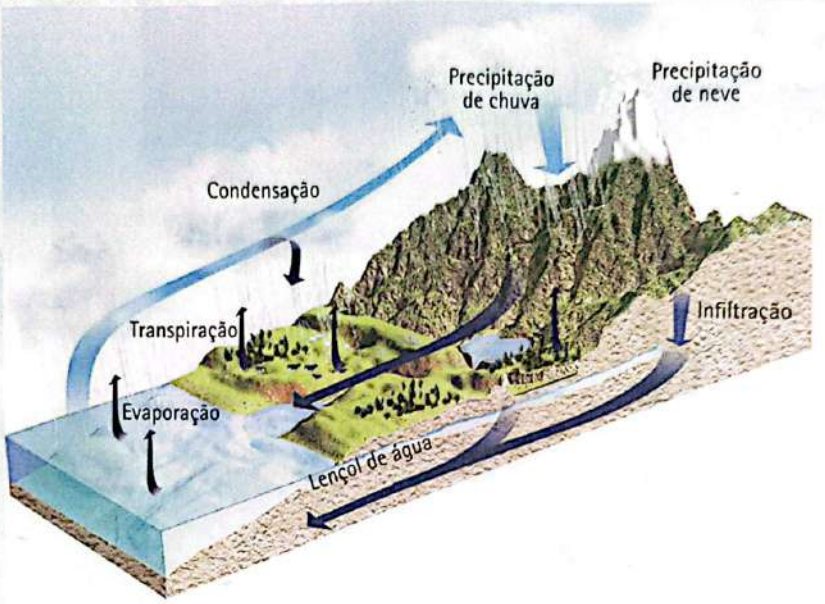
À circulação dos vários elementos químicos entre os seres vivos e a Terra dá-se o nome de **ciclo biogeoquímico**.

São exemplos de ciclos geoquímicos:
- o ciclo da água;
- o ciclo do carbono;
- o ciclo do azoto.

Digitalizada com CamScanner

3.5.1. Ciclo da água

A água faz parte dos seres vivos e está associada a todos os processos metabólicos. Ela circula na Natureza, passando da atmosfera para o mar, lagos, rios, solo e seres vivos, voltando de novo à atmosfera. Esta circulação contínua constitui o **ciclo da água** ou **ciclo hidrológico** (fig. 19).



19. Ciclo da água.

No ciclo hidrológico, a água, por acção do calor do Sol, passa para a atmosfera em forma gasosa das seguintes formas:

- a partir dos oceanos, lagos, rios e solo, e em resultado da respiração das plantas e dos animais, por **evaporação**;
- em forma de vapor, perdido pelas plantas e pelos animais, por **transpiração**.

Na atmosfera, onde a temperatura é mais baixa, o vapor de água **condensa-se**, formando as nuvens, e volta à Terra em forma de chuva ou de neve, caindo no solo ou nos oceanos – **precipitação**.

A água que cai no solo pode escorrer pela sua superfície até aos oceanos e rios – **escoamento superficial** – ou pode infiltrar-se no solo – **infiltração** –, constituindo os lençóis de águas subterrâneas, que podem ser utilizadas pelos seres vivos ou escoar-se até aos oceanos, lagos e rios, iniciando-se um novo ciclo.

Digitalizada com CamScanner

3.5.2. Ciclo do carbono

O carbono (C) é o quarto elemento mais abundante no Universo, depois do hidrogénio (H), do hélio (He) e do oxigénio (O). Forma a estrutura básica de todas as moléculas orgânicas.

O carbono presente nos seres vivos é proveniente da atmosfera e circula através das plantas, dos animais e do interior do solo (fig. 20).

Através da fotossíntese, as plantas fixam o carbono que retiram do CO_2 atmosférico. Este carbono ficará a fazer parte das moléculas orgânicas fabricadas pelas plantas.

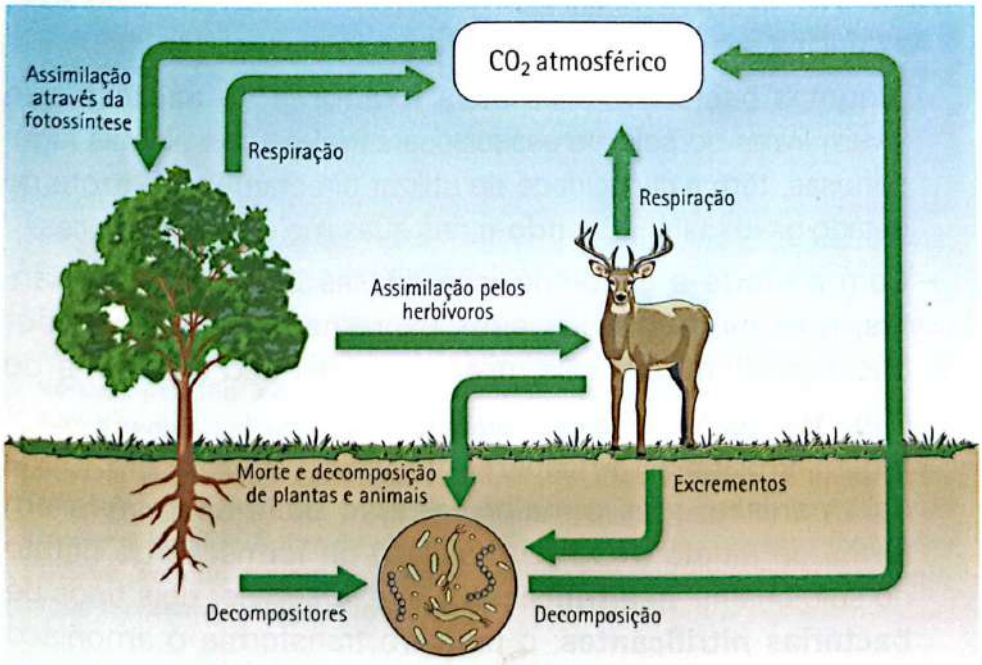
As moléculas orgânicas, sob a forma de glicose, passam das plantas para os consumidores, ao longo da cadeia alimentar.

Através da respiração celular, a glicose é transformada em ATP, vapor de água e dióxido de carbono, que são libertados para a atmosfera.

A partir dos excrementos ou dos restos mortos das plantas e dos animais, os decompositores libertam para a atmosfera o dióxido de carbono que fazia parte das moléculas orgânicas.

O CO_2 na atmosfera pode ser de novo utilizado pelas plantas na fotossíntese.

Por vezes, a decomposição é **incompleta**, isto é, os restos dos seres vivos não são totalmente degradados devido a alterações no meio ambiente, transformando-se, no subsolo, em combustíveis fósseis como carvão e petróleo, que só libertarão para a atmosfera o carbono que contêm quando forem utilizados pelo ser humano, através da **combustão**.



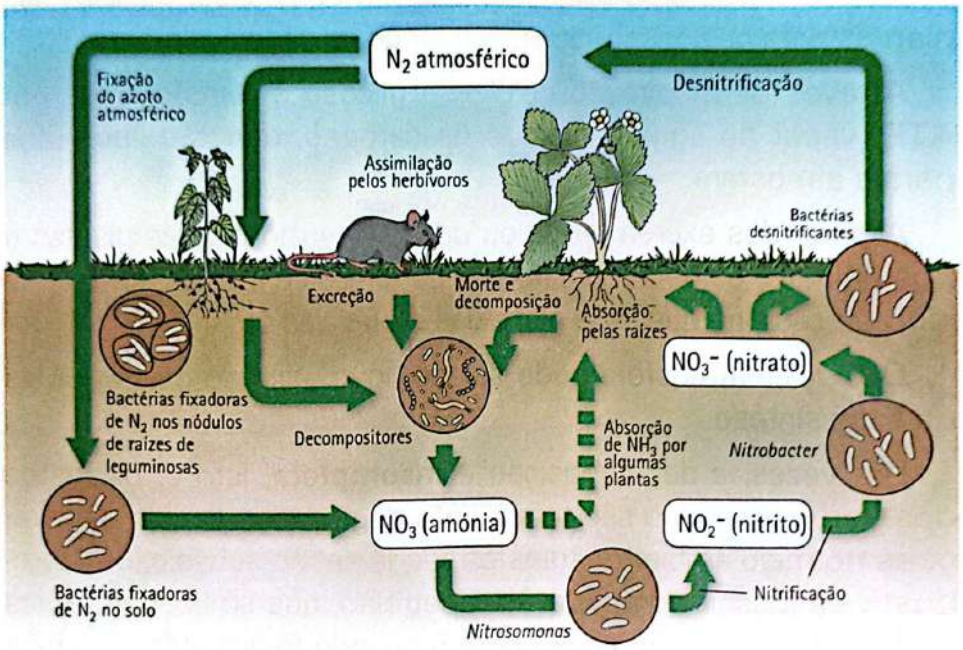
20. Ciclo do carbono.

Digitalizada com CamScanner

3.5.3. Ciclo do azoto

O **ciclo do azoto**, também chamado **ciclo do nitrogénio**, é um dos ciclos mais importantes nos ecossistemas terrestres. O azoto faz parte de duas moléculas orgânicas essenciais dos seres vivos: as proteínas e os ácidos nucleicos.

O azoto encontra-se na atmosfera em forma de molécula (N_2), mas a grande maioria dos seres vivos não o consegue utilizar desta forma. Por isso, a circulação deste elemento químico é feita através das plantas e do solo devido à acção de microrganismos que transformam o N_2 em nitrato (NO_3^-), que pode ser absorvido pelas plantas, ou em azoto atmosférico (N_2), que volta a entrar no ciclo (fig. 21).



21. Ciclo do azoto.

As principais fases do ciclo do azoto são as seguintes:

- Algumas bactérias, chamadas **fixadoras de azoto** e que vivem livres no solo ou associadas às raízes das plantas leguminosas, têm a capacidade de utilizar directamente o azoto no estado gasoso (N_2), **fixando-o** nas suas moléculas orgânicas.
- Com a morte e decomposição dessas bactérias, das plantas, dos animais e dos seus excrementos, realizada por decompositores no solo, o azoto é libertado em forma de amoníaco (NH_3), um fertilizante do solo.
- Algumas plantas são capazes de utilizar o azoto em forma de amoníaco, mas a maior parte só pode absorvê-lo em forma de nitrato (NO_3^-). O processo de formação de nitrato no solo chama-se **nitrificação** e é realizado por dois tipos de **bactérias nitrificantes**: o primeiro transforma o amoníaco em nitrito (NO_2^-). O segundo utiliza o nitrito e transforma-o

Digitalizada com CamScanner

em nitrato (HNO_3), que é absorvido pelas plantas, passando a fazer parte das suas moléculas orgânicas.

- O azoto (N) contido nas células vegetais passa para os níveis tróficos seguintes das cadeias alimentares, sendo utilizado para a constituição das moléculas orgânicas dos animais.
- As proteínas e os ácidos nucleicos são degradados nos organismos dos consumidores, com produção de amónia, ureia e ácido úrico, eliminados por excreção.
- O azoto constituinte das moléculas orgânicas volta ao solo em forma de amoníaco, por acção dos decompositores, podendo entrar novamente no processo de nitrificação.
- Nem toda a amónia presente no solo sofre o processo de nitrificação. Uma parte é convertida, por acção de bactérias **desnitrificantes**, em azoto gasoso (N_2), que volta para a atmosfera.

SABER +

QUERES SABER MAIS?

- **Quando os afídios atingem o floema das plantas, a pressão da seiva elaborada fá-la entrar no tubo digestivo do insecto. Por vezes, a pressão é tão grande que a seiva acaba por sair pelo ânus, enquanto o afídio se alimenta. As formigas alimentam-se dessa seiva excedente e ao mesmo tempo vão esfregando as patas no corpo do animal como se estivessem a ordenhar uma vaca para obterem maior quantidade de alimento.**

22. Formiga e afídio.

- **Os afídios são parasitas das plantas, mas têm com as formigas uma relação de mutualismo: fornecem-lhes alimento e são por sua vez limpos e defendidos por elas (fig. 22). Estes insectos foram muito importantes para se descobrir a composição da seiva elaborada, pois as amostras para o seu estudo foram recolhidas por seu intermédio.**

23. Fitoplâncton.

- **Nas águas dos oceanos e dos lagos encontra-se uma grande quantidade de seres vivos flutuantes muito pequenos, alguns dos quais microscópicos, que constituem o plâncton.**

  O plâncton vegetal, ou fitoplâncton, é constituído por organismos fotossintetizantes, unicelulares, principalmente certas bactérias e algas de vários tipos (fig. 23). O fitoplâncton tem uma grande capacidade produtora e serve de alimento a muitos consumidores primários aquáticos.

  O plâncton animal, ou zooplâncton, é constituído por seres unicelulares não fotossintéticos, por pequenos animais e por larvas e ovos de animais maiores (fig. 24). Serve de alimento a muitos organismos aquáticos como peixes, anfíbios e mamíferos, que, por sua vez, são comidos por organismos terrestres, como algumas aves.

24. Zooplâncton.

Digitalizada com CamScanner

4. Alterações dos ecossistemas:

DESCOBRE

Quais são as principais causas da destruição dos ecossistemas?

Como se podem proteger os ecossistemas?

As **alterações dos ecossistemas** são consequência:

- de **causas naturais**, devidas à dinâmica interna e externa do nosso planeta;
- da **acção humana**.

4.1. Desequilíbrio dos ecossistemas por causas naturais

Entre as causas naturais de desequilíbrio dos ecossistemas salientam-se os **sismos**, os **vulcões**, as **tempestades**, as **inundações** e as **secas**.

VOCABULÁRIO

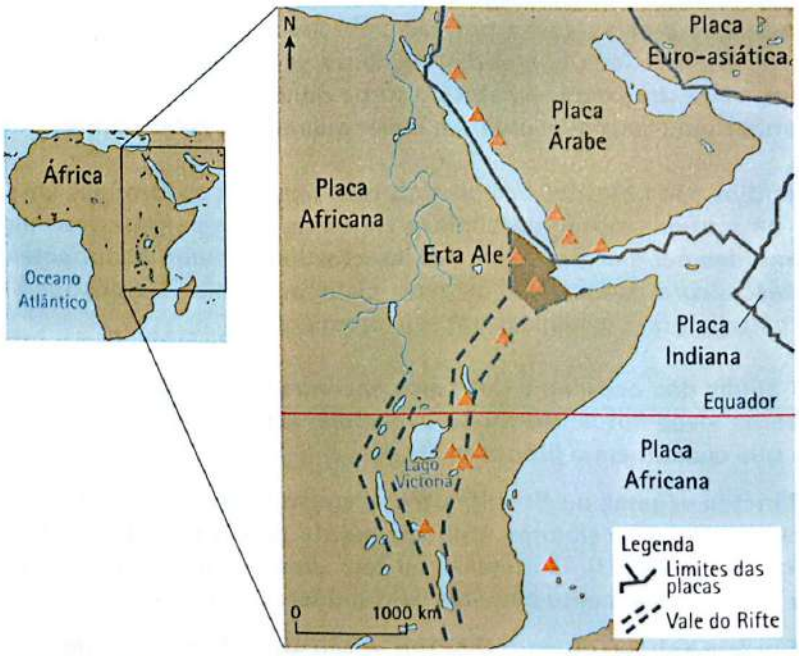
Placas tectónicas: placas que sustentam os continentes e os oceanos.

Encosta: declive do monte, vertente.

Sismo: movimento vibratório que ocorre na superfície terrestre originado por uma libertação de energia.

Os **sismos** são resultado de intensa actividade geológica da Terra. Podem desviar a direcção dos rios, provocar tsunamis, avalanchas de neve ou de terra, destruindo *habitats* e comunidades.

A zona de África onde se situa Moçambique é atravessada por uma falha da **placa tectónica** conhecida por **Vale do Rifte** (fig. 25). Esta falha pode comparar-se a um prato de vidro quebrado ao meio. Quando os dois pedaços chocam, a Terra estremece, originando assim o fenómeno conhecido por sismo. Em Fevereiro de 2006, em Machaze, na Província de Manica, um sismo originou um buraco no solo de sete quilómetros de comprimento por três de largura.

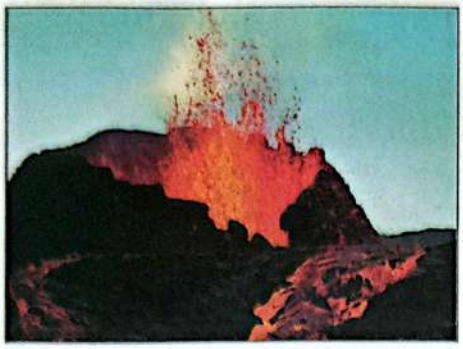


25. Vale do Rifte.

Os **vulcões**, durante a sua actividade, expelem grandes quantidades de lava, que escorre pelas encostas, destruindo casas, culturas agrícolas, podendo, mesmo, originar a morte de pessoas

Digitalizada com CamScanner

e animais. Os gases, cinzas e poeiras libertados na erupção vulcânica reduzem a penetração da radiação solar e alteram a temperatura e a composição da atmosfera (fig. 26).



26. Vulcão em erupção.

VOCABULÁRIO

Vulcão: estrutura natural formada por um canal (chaminé) aberto através da crusta terrestre, por cuja abertura superior (cratera) são expelidos produtos gasosos, sólidos e líquidos (lavas), a temperaturas muito altas, alguns dos quais se acumulam em torno da cratera e formam o cone vulcânico.

As **tempestades** são originadas pela actividade atmosférica. Podem resultar em furacões, ciclones ou tornados, verificando-se elevada precipitação, queda de granizo ou neve e ventos muito fortes, que causam a destruição de ecossistemas e a perda de vidas (fig. 27).

27. Efeitos do ciclone Favio de 2006 em Vilanculo, província de Inhambane.

As **inundações** ou cheias são causadas pela subida do nível das águas dos rios, que saem do seu leito e alagam as margens e áreas vizinhas, afectando as populações que ali vivem e destruindo casas e culturas.

A principal causa das inundações é o excesso de precipitação, que faz aumentar o caudal dos cursos de água.

Moçambique é atravessado pelos rios internacionais Maputo, Umbelúzi, Incomati, Limpopo, Save, Búzi, Púnguè e Zambeze, que correm em direcção ao mar. Qualquer alteração ambiental que aconteça nas regiões a montante destes rios reflecte-se no nosso país.

Em Fevereiro do ano 2000, Moçambique registou as piores cheias de que há memória, originadas por intensas e prolongadas chuvas em toda a África Austral (figs. 28 e 29).

Digitalizada com CamScanner

28. Cheias de Moçambique em 2000.

29. Rua de Nampula destruída pelas cheias.

As **secas** são longos períodos de tempo seco, que trazem como consequência a desertificação, os incêndios florestais e problemas na agricultura e no fornecimento de água. A ausência de chuva ou precipitação insuficiente e a temperatura elevada do ar são as causas principais da seca (fig. 30).

30. Desertificação do solo causada pela seca.

4.2. Desequilíbrio dos ecossistemas por acção humana

O ser humano tem explorado de forma intensiva os recursos naturais do planeta, correndo o risco de os esgotar. As alterações provocadas pela acção humana no meio ambiente são designadas por **impacte ambiental**.

A **poluição**, a **explosão demográfica**, a **introdução de novas espécies**, a **extinção de espécies** e a **desflorestação** são as principais causas de alteração dos ecossistemas pela acção humana.

4.2.1. Poluição

Poluição é a introdução, directa ou indirecta, de substâncias poluentes no ambiente, provocando um efeito negativo no seu equilíbrio. Causa danos ao Homem, aos seres vivos e ao ecossistema onde ocorre. Dos vários tipos de poluição existentes, destacam-se a poluição do ar, a poluição da água e a poluição do solo.

4.2.1.1. Poluição do ar

Os maiores poluentes atmosféricos são o **dióxido de carbono**, o **dióxido de enxofre** e o **dióxido de azoto**, que provêm, de modo geral, dos gases originados pela queima, em veículos motorizados, equipamentos industriais e centrais eléctricas, de

Digitalizada com CamScanner

combustíveis fósseis, como o carvão, e produtos derivados do petróleo – gasóleo, gasolina e fuelóleo.

Os incêndios provocados pelo ser humano, que ocorrem em todo o planeta, contribuem igualmente para o aumento da poluição atmosférica.

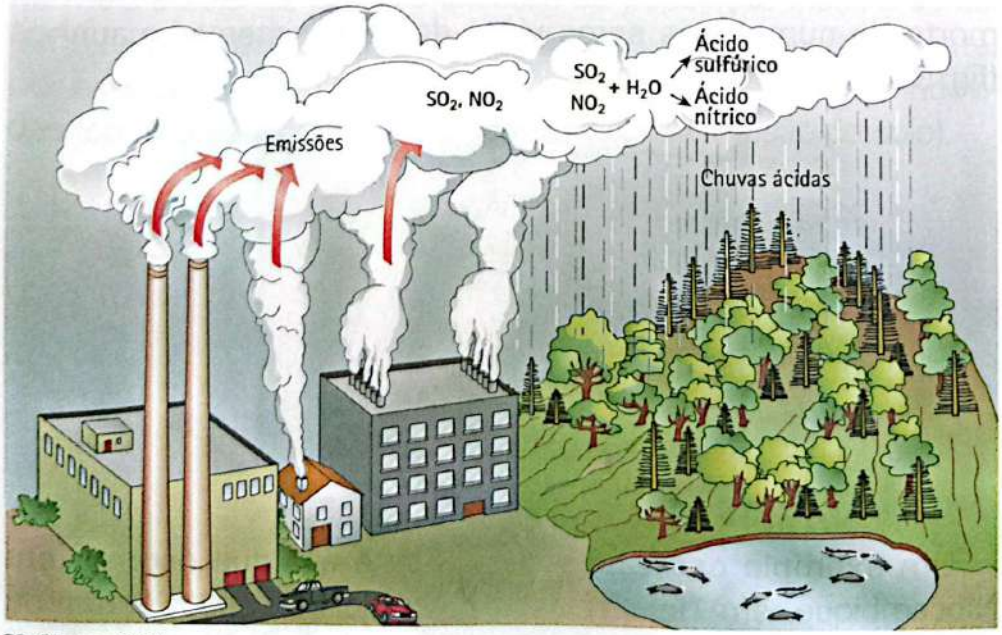
31. Poluição atmosférica causada por automóveis (A), fábricas (B) e incêndios (C).

Em Moçambique, as queimadas descontroladas nas zonas rurais são uma das principais fontes de emissão de poluentes do ar.

O aumento da concentração do **dióxido de carbono** na atmosfera agrava **o efeito de estufa**, o que faz aumentar a temperatura média da atmosfera. Este fenómeno é conhecido como **aquecimento global**. Em consequência deste fenómeno, os gelos poderão derreter nos pólos e o nível do mar poderá subir dezenas de metros, submergindo regiões litorais (fig. 32).

32. Alteração do *habitat* por fusão do gelo.

O **dióxido de enxofre** e o **dióxido de azoto** libertados para a atmosfera são levados pelo vento até às nuvens. A sua combinação com o oxigénio e o vapor de água contido nas nuvens dá origem a ácido sulfúrico e ácido nítrico, formando a **chuva ácida**. Esta chuva prejudica a agricultura, contamina a água e acidifica os solos (fig. 33).



33. Chuvas ácidas.

Digitalizada com CamScanner

4.2.1.2. Poluição da água

A poluição das águas subterrâneas, dos rios e dos oceanos tem diversas origens.

A indústria é uma das actividades mais poluidoras da água porque os resíduos das fábricas e das casas são lançados directa ou indirectamente nos rios, ribeiras, lagos, albufeiras, estuários ou oceanos, sem tratamento prévio. Esta acção provoca graves desequilíbrios no ecossistema e a morte de muitos seres vivos. Por outro lado, se a água poluída se infiltrar no solo, irá contaminar as águas subterrâneas, com consequências graves para a saúde pública (fig. 34).

34. Água poluída lançada num rio.

A utilização descontrolada de fertilizantes e de pesticidas na agricultura pode também poluir as águas superficiais e subterrâneas. As águas da chuva e da irrigação arrastam estes poluentes para os rios, lagos e albufeiras, contaminando o ambiente aquático.

A poluição dos oceanos e das zonas costeiras deve-se sobretudo a acidentes com petroleiros. O derrame do conteúdo que transportam origina as chamadas marés negras, que provocam a morte de numerosos seres vivos dos ecossistemas marinhos (fig. 35).

35. Ave vítima de uma maré negra.

Um exemplo deste tipo de acidente é o que ocorreu em Moçambique, em 1992, quando o petroleiro *Katina P* derramou grandes quantidades de petróleo bruto na baía de Maputo.

Digitalizada com CamScanner

4.2.1.3. Poluição do solo

A **poluição do solo** ocorre principalmente pela acumulação de resíduos sólidos, por poluentes químicos oriundos das fábricas e por pesticidas e fertilizantes utilizados na agricultura.

As substâncias radioactivas são também grandes poluidoras do solo. Estas substâncias emitem durante milhares de anos radiações altamente perigosas para todas as formas de vida.

36. Poluição do solo – lixeira.

4.2.2. Explosão demográfica

Explosão demográfica é o grande aumento da população de seres humanos. Até ao século XIX, a mortalidade era extremamente elevada, pois o ser humano não tinha recursos suficientes para combater grande parte das doenças existentes naquela época.

A descoberta da **penicilina**, das **vacinas**, dos **antibióticos** e a melhoria das condições de vida no século XX contribuíram grandemente para a diminuição do índice de mortalidade no Homem. Como a natalidade não foi reduzida em muitos lugares do mundo, verificou-se um aumento brusco do crescimento da população mundial.

A explosão demográfica acaba por originar efeitos negativos no meio ambiente, já que o excesso de população induz o acréscimo de poluição e uma maior degradação ambiental, decorrente, por exemplo, do uso mais intensivo do solo ou de práticas indevidas (como a desflorestação, a desertificação e erosão do solo).

37. A explosão demográfica origina efeitos negativos no ambiente do planeta.

Digitalizada com CamScanner

4.2.3. Introdução de novas espécies

Uma espécie introduzida pelo ser humano num ecossistema onde ela não existia anteriormente é chamada **espécie exótica**.

As espécies exóticas podem pertencer a vários grupos de seres vivos – bactérias, fungos, protozoários (parasitas), plantas e animais – e vírus. O seu aparecimento tornou-se mais frequente a partir da época dos Descobrimentos, através das viagens transcontinentais iniciadas no século XVI.

Algumas espécies exóticas instalam-se no novo *habitat*, reproduzem-se e desenvolvem-se rapidamente, devido principalmente à ausência dos seus predadores naturais no novo *habitat*. Tornam-se assim **espécies invasoras**.

VOCABULÁRIO
Autóctone: espécie natural do *habitat* onde vive, nativa.

O crescimento da população de espécies exóticas sem controlo tem como consequência a ocupação do *habitat* e possível **extinção das espécies autóctones**.

A introdução descontrolada de espécies exóticas nos diversos cantos do mundo tem trazido, frequentemente, graves problemas para os ecossistemas.

Um exemplo em Moçambique foi a introdução do corvo-indiano. Este corvo é mais pequeno do que o corvo comum, e não possui o colarinho branco típico deste. Na ilha da Inhaca foi há alguns anos introduzido um casal de corvos-indianos que rapidamente deu origem a uma população numerosa.

Mais resistentes do que as aves nativas daquela ilha, os corvos desalojaram as outras aves dos seus ninhos, obrigando-as a fugir para *habitats* menos favoráveis, e comeram os seus ovos, reduzindo assim a sua população.

Esta espécie de corvo já atravessou a baía de Maputo, podendo ser observados corvos-indianos em toda a cidade.

4.2.4. Extinção de espécies

Extinção de uma espécie é o seu total desaparecimento. Considera-se o momento de extinção de uma espécie a morte do último indivíduo dessa espécie.

Actualmente, assiste-se à extinção de muitas espécies devido principalmente à poluição, destruição do *habitat*, pesca e caça furtivas, assim como à introdução descontrolada de espécies exóticas.

VOCABULÁRIO
Furtiva: feita às escondidas, clandestina.

Digitalizada com CamScanner

4.2.4.1. Espécies ameaçadas de extinção

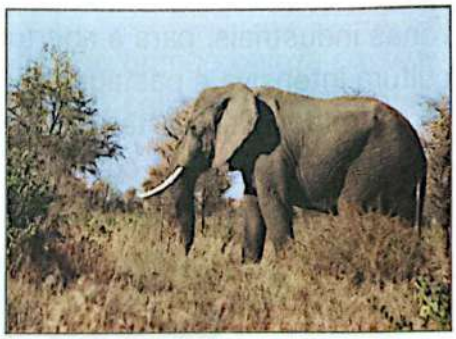
Dugongo – mamífero marinho em perigo de extinção no mundo. Moçambique é o único país da costa oriental de África com ocorrência de dugongos (fig. 38). Estes são muitas vezes apanhados nas redes dos pescadores, onde ficam presos, morrendo afogados. São protegidos ao abrigo da Lei de Florestas e Fauna Bravia de Moçambique.

38. Dugongo.

Tartarugas marinhas – são espécies migratórias que se encontram ameaçadas mundialmente (fig. 39). A população de cinco espécies de tartarugas marinhas que ocorrem em Moçambique e que procuram a nossa costa para desovar tem vindo a diminuir em várias zonas, porque tanto os ovos como o próprio animal servem de alimento ao ser humano. Para além disso, as carapaças são também utilizadas para a produção de objectos de adorno. Por se encontrarem ameaçadas mundialmente, a protecção e utilização de tartarugas marinhas é regulada por leis e acordos internacionais.

Elefante – é o maior animal terrestre. Encontra-se igualmente protegido por lei. É vítima de caça furtiva por causa do marfim destinado à comercialização (fig. 40).

39. Tartaruga marinha.



40. Elefante africano.

Espécies florestais e plantas medicinais – Moçambique possui variedades de plantas para exploração de madeira de alta qualidade e de muita procura no mercado estrangeiro, como, por exemplo, sândalo, pau-preto, pau-rosa, jambire, chanfuta, pau-ferro e umbila.

Digitalizada com CamScanner

Actualmente, o corte e o abate de madeira atingem proporções alarmantes, pondo em risco estas espécies vegetais.

41. *Afzelia quanzensis* (chanfuta) – árvore (A) e fruto (B).

As plantas medicinais usadas para o tratamento de várias doenças em Moçambique correm igualmente o risco de desaparecer devido à destruição das florestas e à sua colheita intensiva, sem reposição de novos exemplares.

42. Batata-africana (*Hypoxis hemerocallidea*).

4.2.4. Desflorestação

O termo **desflorestação** refere-se à destruição da floresta, que tem como consequências nefastas para o ambiente a erosão dos solos, a destruição de *habitats*, o aumento dos níveis de dióxido de carbono na atmosfera e a diminuição da humidade atmosférica, alterando o regime das chuvas.

As florestas são muitas vezes destruídas com o intuito de se obterem terrenos para a construção de centros urbanos e de zonas industriais, para a abertura de estradas e de áreas de agricultura intensiva e pastagens.

A desflorestação também é causada pelo abate indiscriminado de árvores para comércio de madeira e para a produção de combustível.

43. Abate de árvores.

Digitalizada com CamScanner

5. Protecção dos ecossistemas

Já vimos que a acção do ser humano nos ecossistemas da Terra é actualmente muito intensa.

O ser humano, ao intervir nos ecossistemas de uma forma descontrolada, põe em risco a sobrevivência e o desenvolvimento das gerações futuras. Por isso, se quisermos continuar a usar os recursos naturais, temos que conservá-los, no sentido de conseguir um **desenvolvimento sustentável**, isto é, um desenvolvimento que vá ao encontro das necessidades das pessoas no presente sem compromoter a capacidade das gerações futuras para satisfazerem as suas necessidades.

No sentido de permitir um desenvolvimento sustentável, o ser humano tem vindo a desenvolver acções que visam a protecção e a conservação da Natureza. Dessas acções destacam-se algumas, como:

- criação de áreas protegidas;
- tratamento de resíduos sólidos;
- tratamento de águas residuais;
- controlo biológico das pragas.

5.1. Criação de áreas protegidas

As áreas protegidas destinam-se à preservação da fauna e da flora selvagens, dos espaços naturais e dos *habitats*, assim como à protecção dos recursos naturais contra todas as formas de degradação.

Em Moçambique, estas zonas designam-se por áreas de protecção ambiental e podem ser classificadas em parques nacionais e reservas naturais.

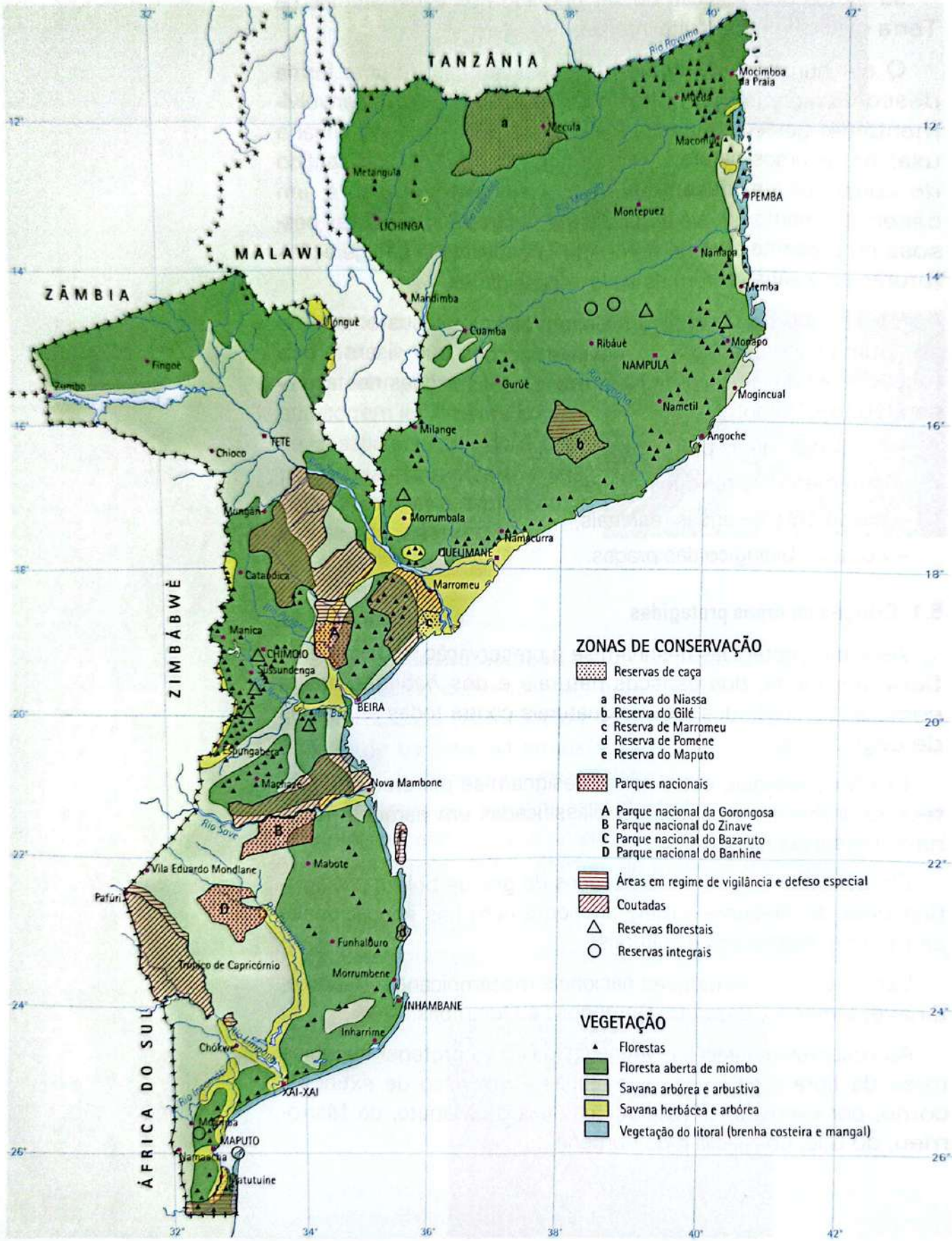
Os parques nacionais são espaços de grande beleza paisagística onde se preserva o meio ambiente com fins educacionais, científicos, recreativos e culturais.

São exemplos de parques nacionais moçambicanos: Banhine, Zinave, Limpopo, Bazaruto, Gorongosa e Quirimbas.

As reservas naturais são áreas criadas para proteger espécies raras da flora e da fauna, ameaçadas e em risco de extinção, como, por exemplo, as reservas naturais de Maputo, de Marromeu, do Gilé, do Niassa e do Pomene.

Digitalizada com CamScanner

O mapa da figura 44 apresenta as principais reservas naturais e os principais parques nacionais de Moçambique.



44. Mapa de Moçambique com os parques e reservas naturais.

Digitalizada com CamScanner

5.2. Tratamento de resíduos sólidos

Resíduos sólidos constituem aquilo a que chamamos lixo. São materiais sólidos sem utilidade, supérfluos ou perigosos, gerados pela actividade humana. Podem ser de vários tipos:

- Resíduos provenientes em grande parte do lixo doméstico, como restos de alimentos, folhas, sementes, restos de carne e de ossos;
- Resíduos que demoram muito tempo para se degradarem, como plásticos, vidros e materiais de construção;
- Resíduos tóxicos, como o lixo radioactivo e o lixo hospitalar.

Papel De 3 a 6 meses	Pano De 6 meses a 1 ano	Filtro do cigarro 5 anos	Chuinga 5 anos	Madeira pintada 13 anos
Nylon Mais de 30 anos	Plástico Mais de 100 anos	Metal Mais de 100 anos	Borracha Tempo indeterminado	Vidro 1 milhão de anos

45. Tempo médio que cada material demora a ser decomposto na Natureza.

Em muitos lugares do mundo, os resíduos sólidos ainda são lançados em lixeiras tradicionais, sem qualquer tratamento. Este modo de proceder é extremamente nocivo à saúde do ser humano e ao ambiente em geral.

46. Lixeira tradicional.

Para minimizar o impacto da acumulação de resíduos, deve-se proceder à sua recolha e tratamento, de forma a garantir as condições de segurança e melhorar as condições de vida das populações.

As lixeiras tradicionais têm sido substituídas por **aterros sanitários**. Nestes, o solo é protegido primeiro por uma camada impermeável artificial ou natural, sobre a qual os resíduos vão

Digitalizada com CamScanner

sendo depositados e cobertos periodicamente com terra até atingirem a capacidade do aterro. As condições de funcionamento do aterro são permanentemente controladas, de modo a garantir que não haja contaminação do ar, do solo ou das águas (fig. 47).

47. Construção de um aterro sanitário.

Os resíduos radioactivos e hospitalares precisam de receber tratamento especial, para evitar danos ao ambiente e à saúde das pessoas. Não existe ainda uma solução inteiramente segura para se guardar o lixo radioactivo, sendo este por vezes depositado em contentores selados, à espera que se encontre uma solução definitiva. O lixo hospitalar deve ser incinerado.

5.3. Tratamento de águas residuais

Esgotos ou águas residuais são águas que apresentam as características naturais alteradas, devido à utilização humana, e que provêm das casas, das indústrias e de recintos comerciais.

As águas residuais podem ser tratadas em ETAR (Estação de Tratamento de Águas Residuais) através de processos físicos, químicos e biológicos, antes de serem lançadas para o meio ambiente. Desta forma, não prejudicam os ecossistemas (fig. 48).

48. Vista aérea de uma ETAR.

5.4. Controlo biológico das pragas

O controlo de pragas na agricultura é muitas vezes feito através da aplicação de insecticidas e pesticidas, que também matam outros animais, como abelhas e outros insectos ecologicamente importantes, e contaminam o solo e a água. Além

Digitalizada com CamScanner

disso, fazem com que as pragas adquiram resistência, exigindo doses mais altas ou produtos mais tóxicos.

Um método não poluente e que acarreta prejuízos mínimos ao meio ambiente é o **controlo biológico**, técnica utilizada para combater espécies nocivas à agricultura através do uso dos seus inimigos naturais, como insectos predadores ou parasitas que atacam a espécie que esteja a causar danos às plantas.

Através deste método, por exemplo, as plantações de cana-de-açúcar podem ser protegidas de certas espécies de insectos comedores das folhas através do uso de fungos parasitas desses insectos. A forma mais utilizada de controlo biológico é o controlo de pragas de insectos por outros insectos. A vespa *Aphidius colemani* é uma vespa parasita que põe um ovo no afídio, insecto que ataca as culturas. A larva da vespa devora o afídio por dentro, deixando-o imobilizado (fig. 49).

49. Vespa *Aphidius colemani* a depositar um ovo num afídio.

SABER +

QUERES SABER MAIS?

- **Como se forma o efeito de estufa?**

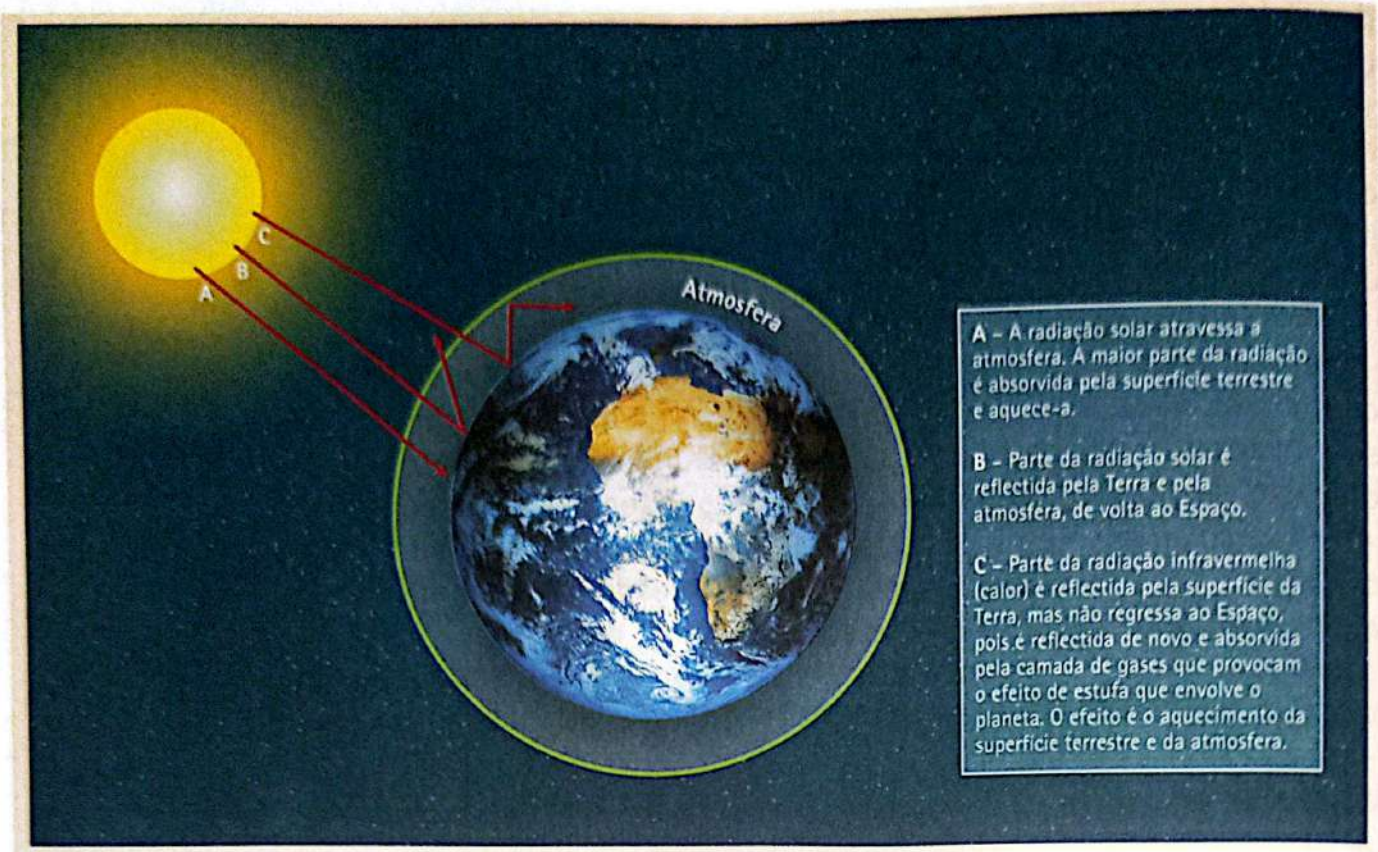
Uma parte da energia proveniente do Sol é captada pela superfície da Terra e outra parte é reflectida para a atmosfera. Desta, alguma vai para o Espaço e outra fica retida na camada de gases naturais que constitui a atmosfera. Estes gases naturais, especialmente o dióxido de carbono (CO_2), formam uma camada protectora, como se fosse numa estufa – daí o nome deste fenómeno – que deixa a luz do Sol entrar e retém a radiação infra-vermelha (calor).

O nosso planeta conserva-se assim aquecido durante a noite, quando não há Sol. Isto que acontece na natureza e é indispensável para a vida na Terra, pode, no entanto, provocar uma alteração na biosfera, originando o efeito conhecido como aquecimento global.

Tem-se registado, ao nível mundial, um aumento do consumo de combustíveis fósseis – petróleo, gasolina, gás natural, carvão, diesel, óleo. O CO_2 proveniente da combustão destes produtos é responsável por cerca de 65% do efeito de estufa.

Por outro lado, a destruição das florestas, o abate indiscriminado de árvores e as queimadas descontroladas conduzem a uma menor absorção do dióxido de carbono.

Digitalizada com CamScanner

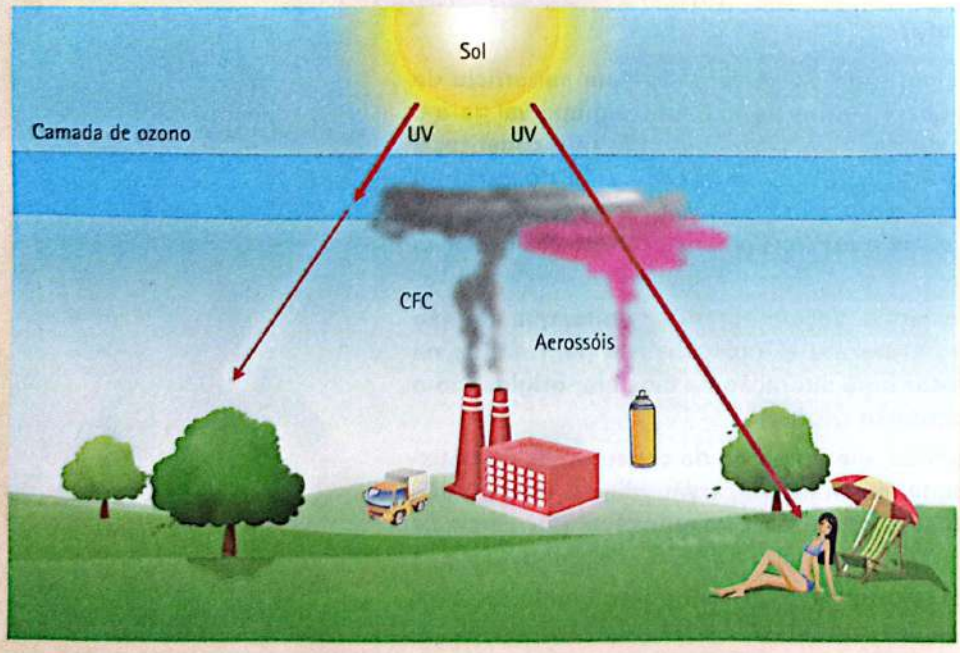


50. Efeito de estufa.

- **Como se forma o buraco na camada do ozono?**

A camada de ozono existente na atmosfera é um eficiente filtro para a maior parte da radiação ultravioleta (UV) do Sol, que pode ser nociva para os seres vivos.

A quantidade de ozono tem vindo a diminuir devido, em grande parte, à emissão de gases chamados CFC (clorofluorcarbonetos), substâncias usadas como gases de refrigeração e aerossóis (*sprays*). Os CFC decompõem-se nas altas camadas da atmosfera e destroem as moléculas de ozono, permitindo que maior quantidade de radiação ultravioleta atinja a Terra. As zonas da camada de ozono onde este se encontra em menores quantidades formam um buraco, chamado buraco do ozono.



51. Acumulação de gases que destroem a camada de ozono.

As radiações ultravioleta provocam graves efeitos nos seres vivos, tais como: destruição do plâncton nos ecossistemas aquáticos com redução da taxa de fotossíntese; cegueira no ser humano e noutros animais; queimaduras e cancro da pele no ser humano; menor resistência a muitas doenças.

A não utilização de gases CFC, o uso de energia eólica ou solar e a redução do uso intensivo de automóveis podem evitar a degradação do ozono, permitindo que maior quantidade de radiação ultravioleta seja filtrada.

Digitalizada com CamScanner

SÍNTESE

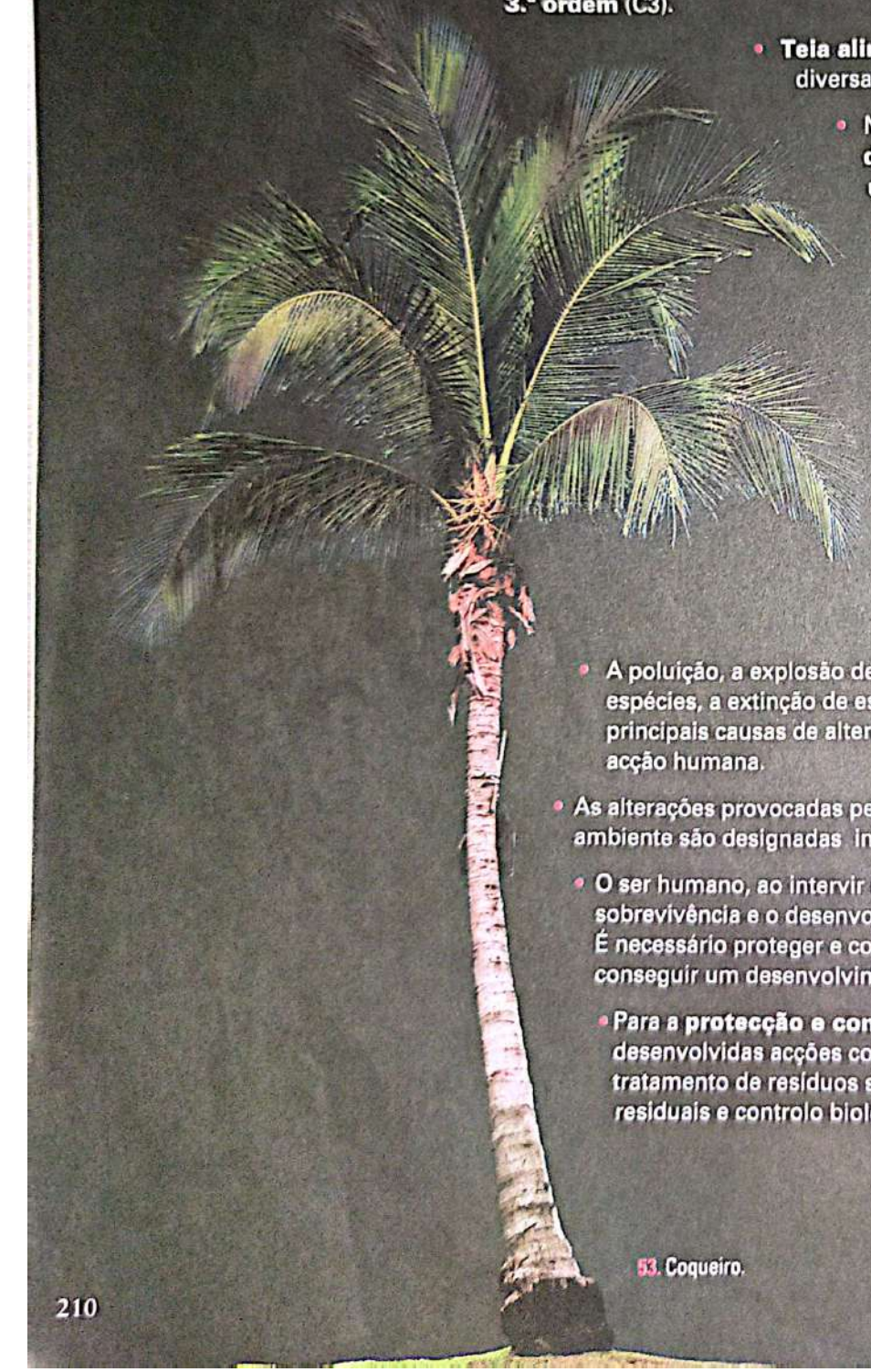
- **Ecologia** é a ciência que estuda as relações que os organismos estabelecem entre si e com o ambiente em que vivem.
- **Espécie** é o conjunto de organismos com formas semelhantes que podem cruzar-se entre si, originando descendentes férteis.
- **População** é um conjunto de organismos da mesma espécie que vivem numa determinada área.
- **Comunidade biótica** ou **biocenose** é o conjunto das várias populações que habitam uma determinada área e que se relacionam entre si.
- **Biótopo** é o lugar que a comunidade biótica povoa e onde desenvolve a sua actividade.
- **Factores abióticos** são os factores do meio que actuam sobre os seres vivos, como o solo, a água, a temperatura, o vento ou a luz.
- **Factores bióticos** são relações existentes entre os seres vivos de uma comunidade e a sua acção sobre o ambiente.
- **Factores ecológicos** são formados pelo conjunto dos factores bióticos e abióticos.
- **Ecossistema** é o conjunto do biótopo e da comunidade biótica.
- ***Habitat*** é a área ou "casa" em que cada espécie vive.
- **Nicho ecológico** é o conjunto de relações e actividades próprias de uma espécie.
- **Biosfera** é o conjunto de todos os ecossistemas da Terra.
- Quanto às suas dimensões, os ecossistemas podem ser classificados como: macroecossistemas, mesoecossistemas e microecossistemas.
- Os principais tipos de ecossistemas são: ecossistemas naturais e ecossistemas artificiais.
- Os seres vivos de uma comunidade podem estabelecer entre si dois tipos de relações: **intra-específicas**, quando se verificam entre organismos da mesma espécie, e **interespecíficas**, quando se verificam entre organismos de espécies diferentes.

TIPO DE RELAÇÃO	
Relações Intra-específicas	Competição – Prejuízo para ambas as espécies (–; –) Cooperação – Benefício para ambas as espécies (+; +)
Relações Interespecíficas	Predação – Benefício para o predador e prejuízo para a presa (+ ; –) Mutualismo – Benefício para ambos (+; +) Competição – Prejuízo para ambas as espécies (–; –) Parasitismo – Benefício para o parasita e prejuízo para o hospedeiro (+; –) Comensalismo – Benefício apenas para o comensal (+; 0)

52. Flamingo.

Digitalizada com CamScanner

- **Cadeia alimentar** ou **cadeia trófica** é a sequência de organismos através dos quais passa o alimento.
- Os organismos de um ecossistema que têm o mesmo tipo de alimentação constituem um **nível trófico**.
- Em cada nível trófico verificam-se perdas significativas de matéria, que não é incorporada nos seres vivos do nível seguinte.
- Cada cadeia alimentar é constituída por vários níveis tróficos:
  - 1.º nível trófico, ocupado pelos **produtores** (P);
  - 2.º nível trófico, constituído pelos **consumidores primários** ou de **1.ª ordem** (C1);
  - 3.º nível trófico, ocupado pelos **consumidores secundários** ou de **2.ª ordem** (C2);
  - 4.º nível trófico, constituído pelos **consumidores terciários** ou de **3.ª ordem** (C3).



- **Teia alimentar** é a relação entre as diversas cadeias alimentares num ecossistema.
- Nos ecossistemas existem **ciclos de matéria** e um **fluxo unidireccional de energia**.
- Ciclo biogeoquímico é a circulação de um elemento químico como a água, o carbono e o azoto, entre os seres vivos e a Terra.
- As **alterações dos ecossistemas** podem ser devidas a causas naturais ou à acção humana.
- Entre as causas naturais de desequilíbrio dos ecossistemas destacam-se os sismos, os vulcões, as tempestades, as inundações e as secas.
- A poluição, a explosão demográfica, a introdução de novas espécies, a extinção de espécies e a desflorestação são as principais causas de alteração dos ecossistemas pela acção humana.
- As alterações provocadas pela acção humana no meio ambiente são designadas impacte ambiental.
- O ser humano, ao intervir nos ecossistemas, pode pôr em risco a sobrevivência e o desenvolvimento das gerações futuras. É necessário proteger e conservar os ecossistemas para conseguir um desenvolvimento sustentável.
- Para a **protecção e conservação da Natureza**, devem ser desenvolvidas acções como: a criação de áreas protegidas, tratamento de resíduos sólidos, tratamento de águas residuais e controlo biológico das pragas.

53. Coqueiro.

Digitalizada com CamScanner

4 AVALIAÇÃO FINAL

1. Estabelece a correspondência entre os termos da coluna I e as expressões da coluna II.

COLUNA I	COLUNA II
1. Comunidade	A. Organismos que se cruzam entre si originando descendência fértil.
2. *Habitat*	B. Seres vivos da mesma espécie que ocupam determinada área.
3. Espécie	C. Plantas e outros organismos de uma dada área.
4. População	D. Seres vivos mais o meio abiótico onde estão inseridos.
5. Ecossistema	E. Lugar onde os organismos vivem.

2. Em regra, as cadeias alimentares iniciam-se e terminam, respectivamente, com (selecciona a opção correcta):

A. produtores e consumidores primários. ☐
B. produtores e consumidores terciários. ☐
C. consumidores primários e produtores. ☐
D. consumidores terciários e produtores. ☐

3. As toupeiras alimentam-se de minhocas que encontram nas galerias que cavam no solo.

Que tipo de relação biótica existe entre estes dois seres vivos? Justifica.

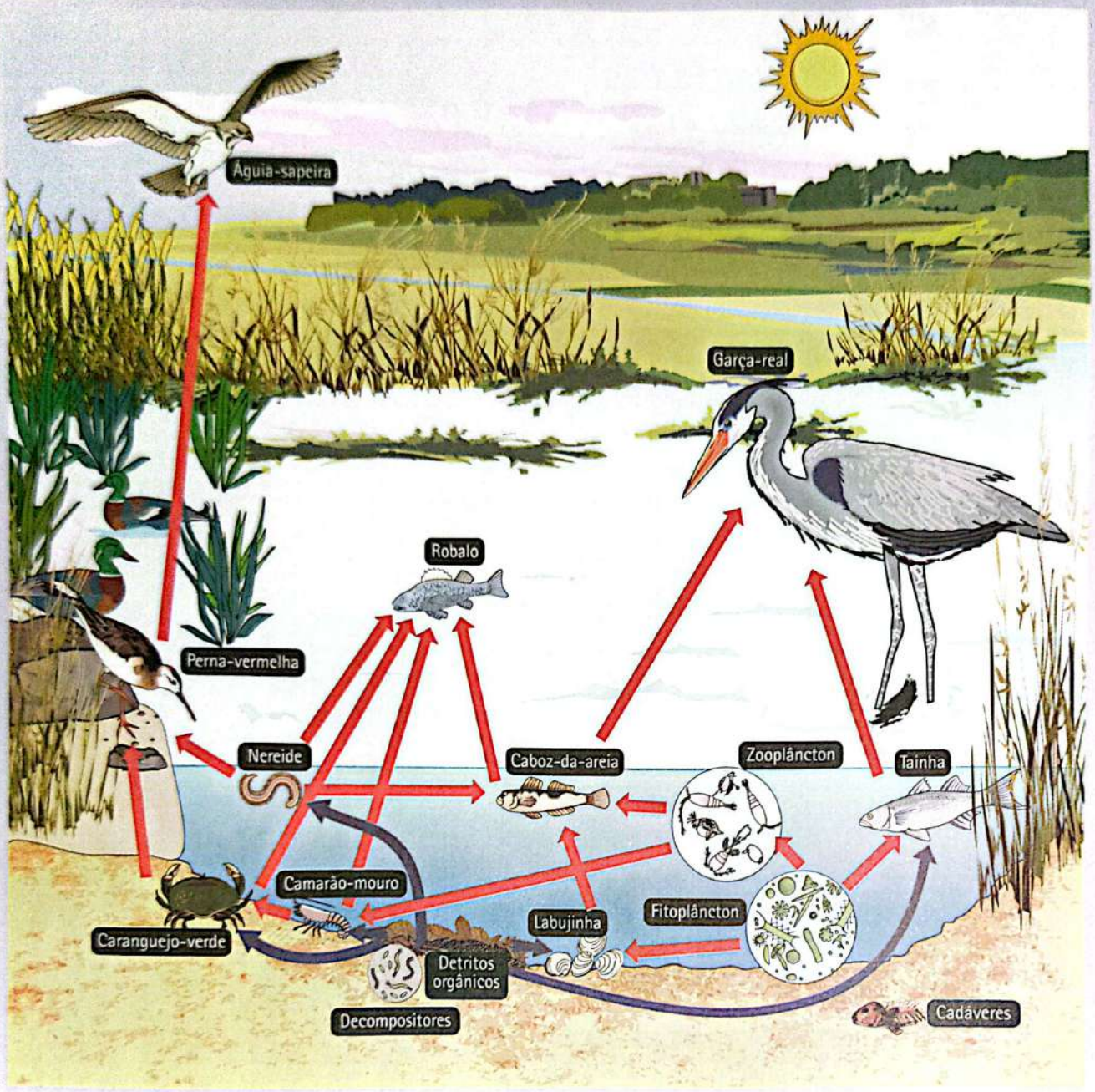
54. Toupeira.

4. Certo pássaro extrai as sanguessugas alojadas nas proximidades dos dentes do crocodilo africano. Este permite que a ave se introduza na sua boca para comer as sanguessugas.

Refere os dois tipos de relação referidos no texto anterior. Justifica.

Digitalizada com CamScanner

5. Analisa a figura 55 e responde às questões seguintes.



55.

5.1. Identifica os produtores na rede alimentar representada.

5.2. Selecciona uma cadeia alimentar que inclua a garça. Qual é o nível trófico que ocupa a garça nessa cadeia?

5.3. O robalo faz parte de várias cadeias alimentares. Selecciona duas dessas cadeias.

5.4. Identifica uma cadeia alimentar com cinco níveis tróficos, a partir de fitoplâncton.

5.5. Quais são os componentes do ecossistema que podem reciclar a matéria orgânica proveniente de todos os níveis tróficos?

6. Nos ecossistemas há ciclos de matéria.

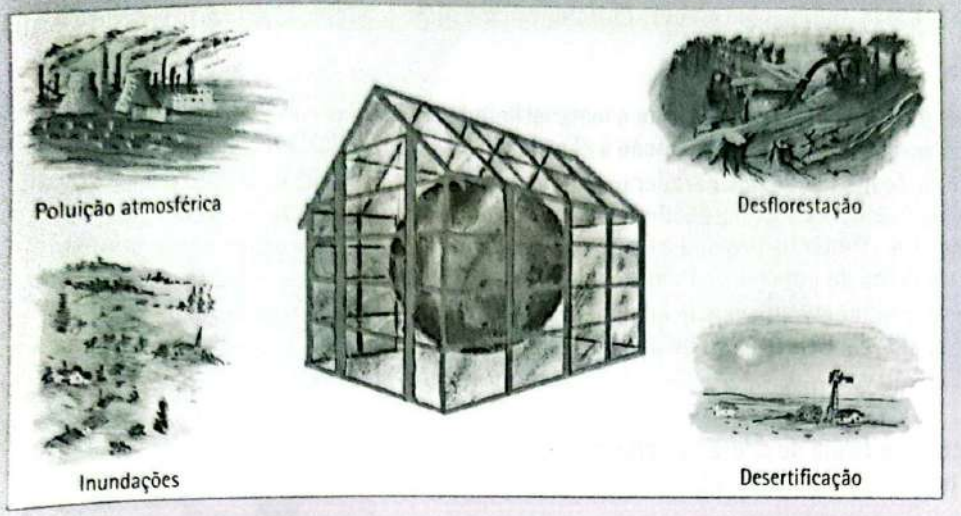
6.1. Define ciclo de matéria.

6.2. Dá três exemplos de substâncias que circulem entre o meio ambiente e os seres vivos.

6.3. Refere a importância dos ciclos de matéria.

Digitalizada com CamScanner

7. A figura 56 representa causas e consequências do aumento do efeito de estufa na Terra.



56.

7.1. Estabelece a correspondência correcta entre cada uma das afirmações seguintes e os fenómenos representados na figura.

A. A precipitação diminuirá cada vez mais, tornando quase impossível a manutenção da agricultura.

B. Uma central térmica que utiliza carvão para a produção de energia eléctrica liberta para a atmosfera 900 toneladas de dióxido de carbono e trinte toneladas de cinzas por hora.

C. 40% da floresta tropical foi destruída nos últimos 30 anos. As árvores utilizam o dióxido de carbono.

D. O aumento de temperatura provocará o degelo nos polos. O nível das águas do mar subirá e grandes áreas serão inundadas.

8. Faz corresponder as frases da coluna I com a substância da coluna II que contribui para a sua existência.

COLUNA I	COLUNA II
A. Aquecimento global	**1.** Petróleo
B. Chuvas ácidas	**2.** CFC
C. Destruição da camada de ozono	**3.** DDT
D. Marés negras	**4.** Dióxido de enxofre
E. Acumulação de substâncias tóxicas ao longo das cadeias tróficas	**5.** Dióxido de carbono
	6. Oxigénio

9. Explica as vantagens para o ambiente da substituição das lixeiras tradicionais por aterros sanitários.

10. Em Moçambique existem áreas de protecção ambiental.

Refere a importância dos parques e das reservas naturais para o ambiente.

Digitalizada com CamScanner

ACTIVIDADE – Construção do modelo da dupla hélice do DNA

Introdução:

A descoberta de que o DNA é realmente o material hereditário fez com que diversos pesquisadores dedicassem a sua atenção à elucidação da estrutura desta molécula.

A construção de modelos pode parecer uma brincadeira, contudo, a sua utilização é uma técnica que ajuda os cientistas a compreender como certas coisas são estruturadas ou como elas devem funcionar. De facto, Watson e Crick, que descobriram a estrutura da molécula de DNA, utilizaram modelos de papel recortados e colados para os ajudar.

Aplicando os conhecimentos que já adquiriste sobre a molécula de DNA, podes também construir um modelo da estrutura de cada uma destas moléculas.

Material:

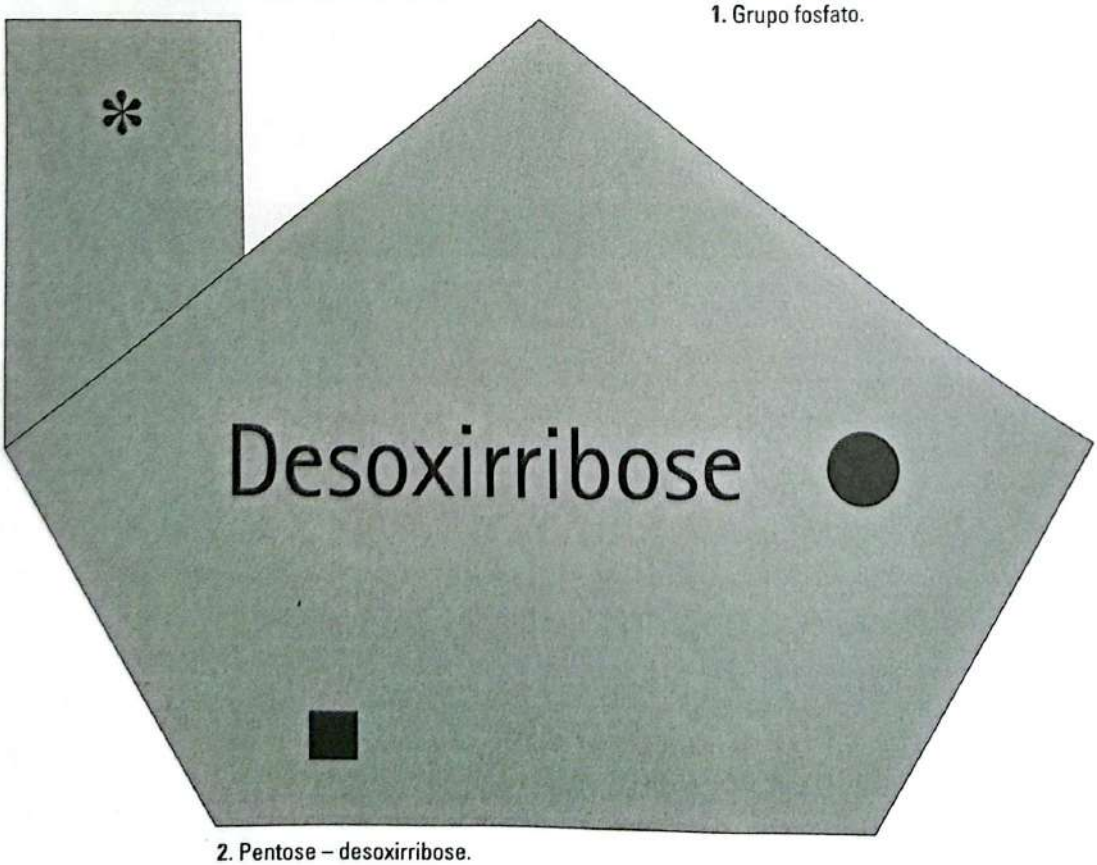
Tesoura, cola, cartolina de diferentes cores, arame ou outro material maleável.

Modo de proceder:

1. Recorta na cartolina as diferentes peças apresentadas nas várias figuras que se seguem e que representam os constituintes do DNA. Constrói as diferentes partes da molécula de DNA, recortando os desenhos das fotocópias e colando-os individualmente na cartolina.
2. Utilizando os teus conhecimentos, une as peças adquiridas com o auxílio de arame ou outro material que achares conveniente para formar a molécula de DNA em replicação.

Nota: repara que nas figuras existem pequenos símbolos que ajudam na ligação das peças.

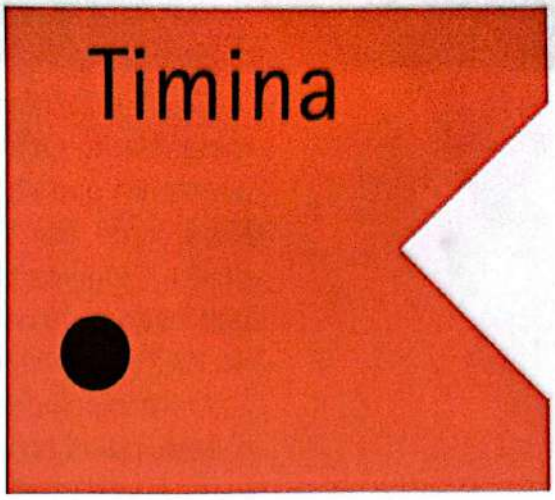
1. Grupo fosfato.



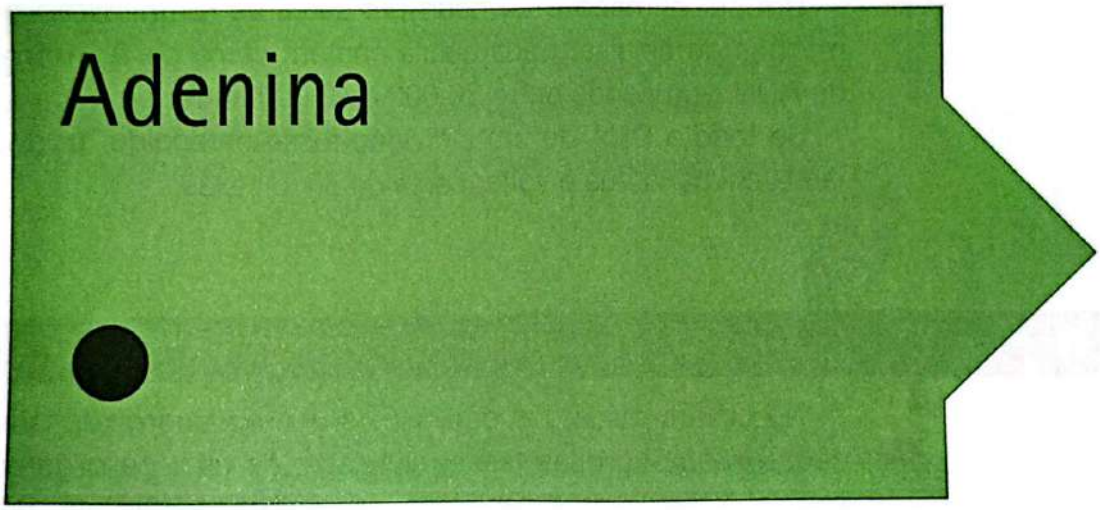
2. Pentose – desoxirribose.

Digitalizada com CamScanner

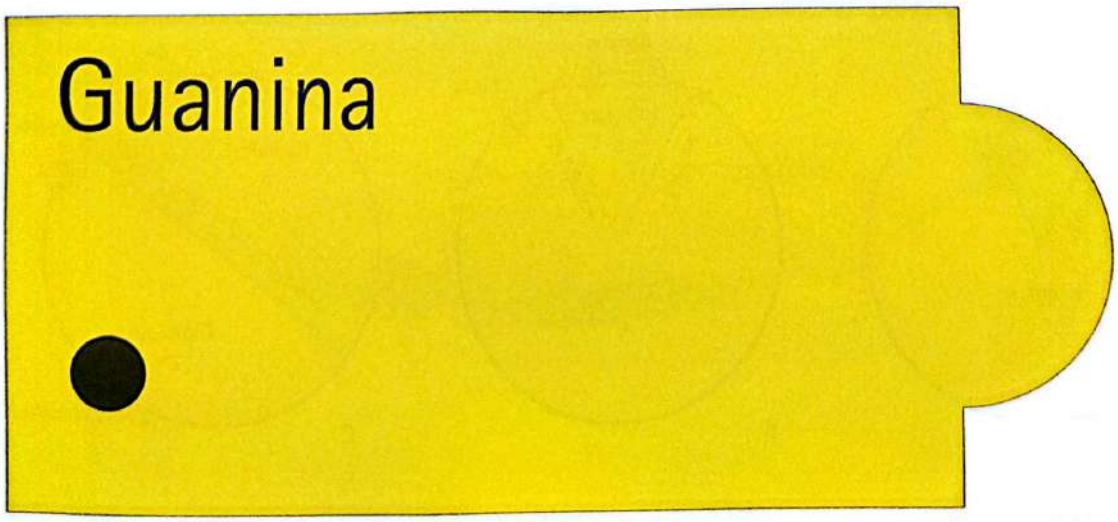
3. Citosina – base azotada.



4. Timina – base azotada.



5. Adenina – base azotada.



6. Guanina – base azotada.

Digitalizada com CamScanner

Descoberta de novos aminoácidos

Em 1953, Watson e Crick descobriram a estrutura da molécula de DNA. Durante mais de 30 anos, os cientistas pensaram que este DNA codificava apenas 20 aminoácidos. No entanto, em 1986, os cientistas anunciaram a descoberta do 21.º aminoácido chamado selenocisteína. Em 2002 foi publicado na revista *Science* um artigo relativo à identificação do 22.º aminoácido, a pirrolisina.

Os aminoácidos 21 e 22 são codificados, respectivamente, pelos codões UGA e UAG.

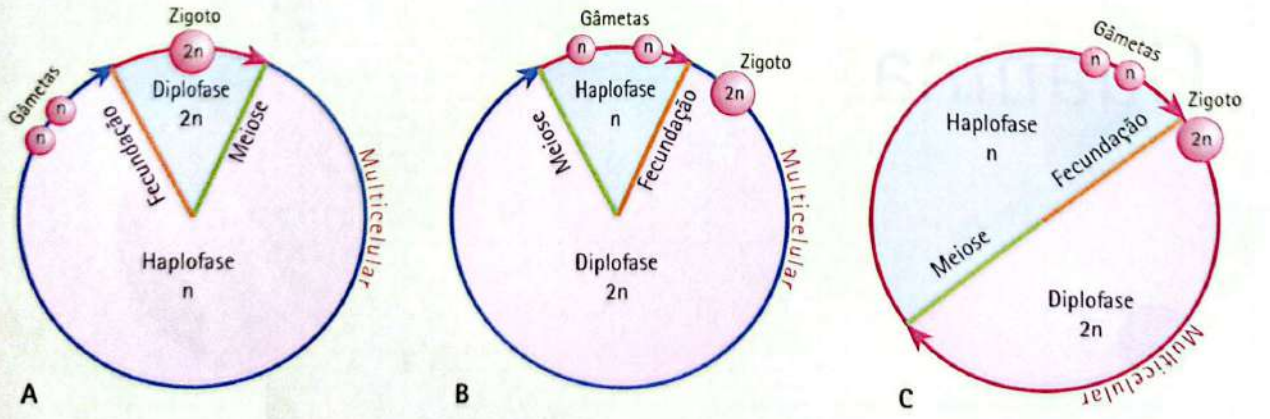
O comprimento do DNA no ser humano

Um ser humano é formado por cerca de 60 milhares de milhões de células. Cada célula contém cerca de 2 metros de ADN, agrupando entre 30 000 e 40 000 genes.

Se todo o DNA de um indivíduo fosse estendido, poder-se-ia chegar à Lua e voltar cerca de 8000 vezes.

Ocorrência de meiose em diferentes momentos do ciclo celular

No ciclo de vida dos organismos que possuem reprodução sexuada há duas fases: diplofase, na qual os organismos são diplóides, e haplofase, na qual são haplóides, isto é, há uma alternância de gerações. Estas fases têm um desenvolvimento diferente, conforme a espécie considerada, podendo a meiose ocorrer em diferentes momentos do ciclo de vida.



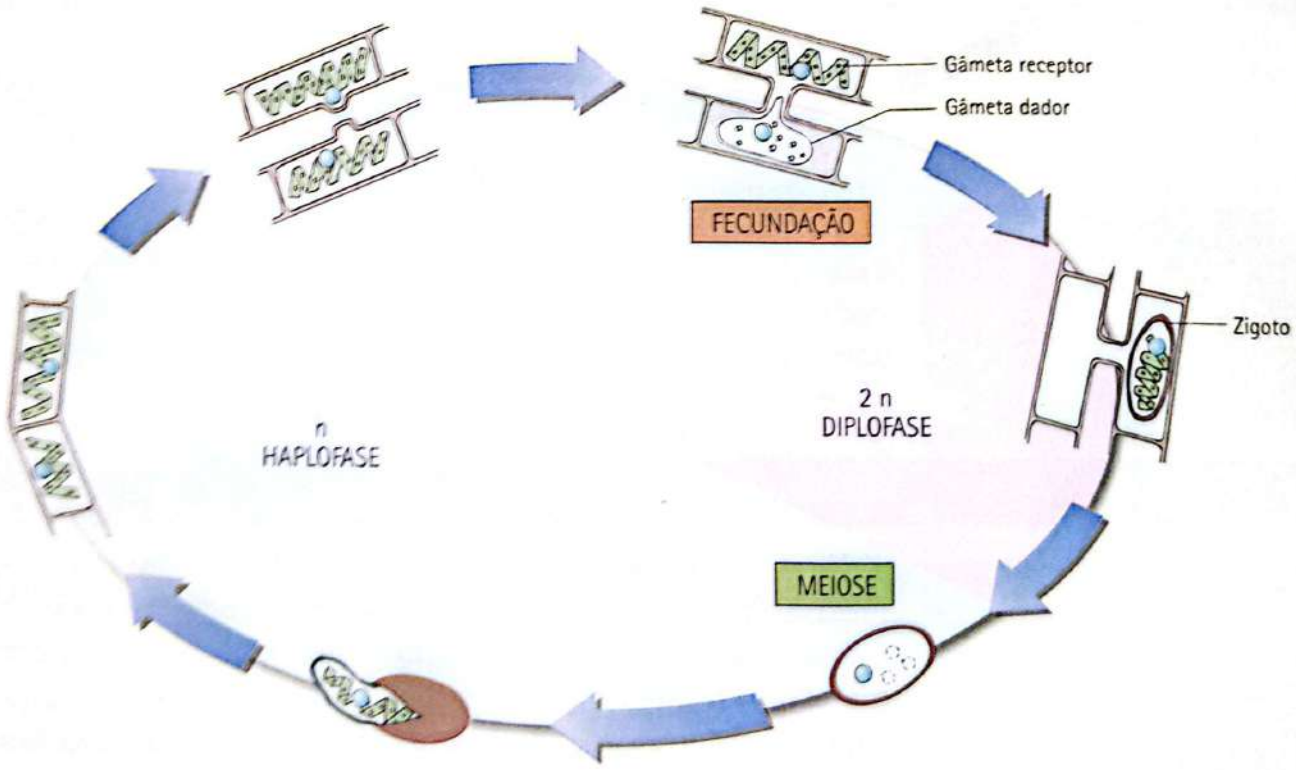
7. Meiose pós-zigótica (A); meiose pré-espórica (B) e meiose pré-gamética (C).

Digitalizada com CamScanner

Meiose pós-zigótica

As **clamidomonas** (género *Chlamydomonas*), algas-verdes unicelulares com dois flagelos e com núcleo haplóide, reproduzem-se, vulgarmente, de forma assexuada, mas podem também apresentar reprodução sexuada. Quando as condições do meio se tornam adversas, dois indivíduos idênticos, que se designam (+) e (–), ligam-se pelos flagelos e o conteúdo de uma das células passa para a outra. Os dois núcleos fundem-se, formando um zigoto diplóide (diplofase) que pode sobreviver até existirem condições favoráveis. Nessa altura, o zigoto divide-se por meiose, originando quatro células haplóides (haplofase) que se desenvolvem em indivíduos adultos que podem recomeçar o ciclo. Esta meiose, chamada **pós-zigótica** porque ocorre na primeira divisão do núcleo do zigoto, encontra-se igualmente noutras espécies de algas, em protozoários e em fungos. A haplofase é mais desenvolvida do que a diplofase, uma vez que o zigoto é a única célula diplóide existente neste ciclo.

Tal como as clamidomonas, também a *Spirogyra* tem este ciclo.



8. Ciclo de vida da *Spirogyra*.

Digitalizada com CamScanner

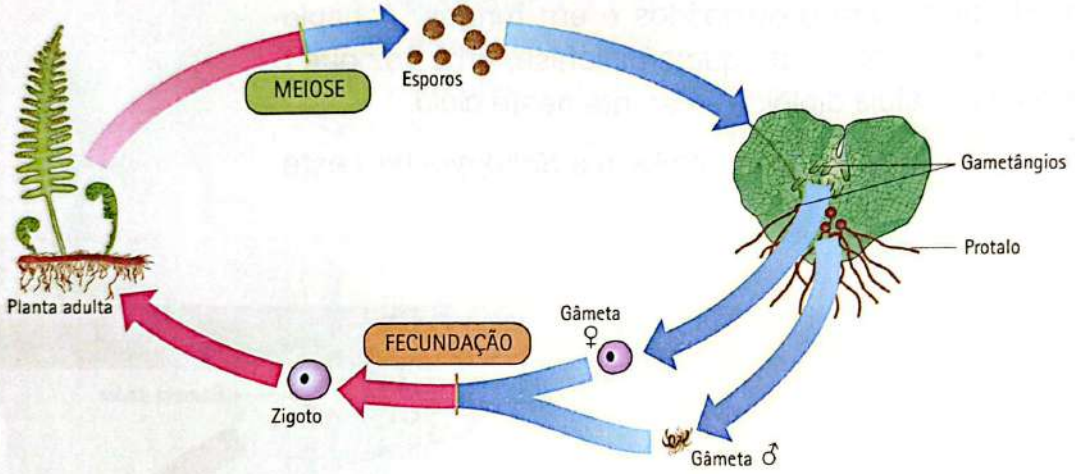
Meiose pré-espórica

O polipódio é uma planta diplóide (diplofase) que produz esporos e, por isso, é chamada esporófito. A meiose no polipódio é pré-espórica, porque ocorre na formação dos esporos.

Os esporos, células reprodutoras haplóides (haplofase), germinam e cada um origina um protalo. O protalo é um gametófito, uma plantinha muito pequena que produz gâmetas também haplóides.

Da união dos gâmetas resulta um zigoto diplóide que, por mitoses sucessivas, se desenvolve na planta adulta diplóide.

A diplofase é mais desenvolvida do que a haplofase e é nela que está incluído o indivíduo adulto.

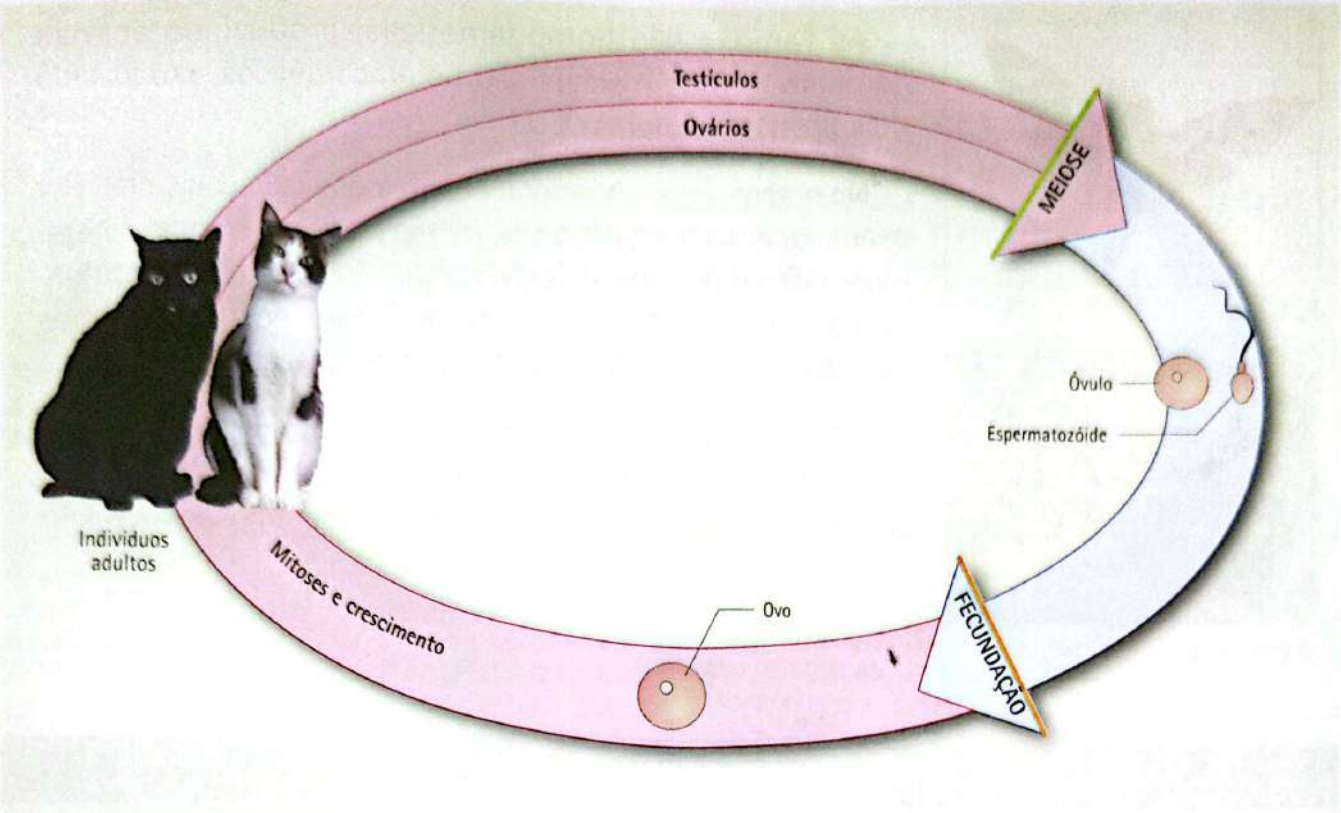


9. Ciclo da vida do polipódio.

Meiose pré-gamética

Na maior parte dos animais, incluindo o ser humano, a meiose ocorre na formação dos gâmetas. O indivíduo adulto é diplóide (diplofase) e no período da reprodução produz, por meiose, gâmetas haplóides (haplofase). Através do processo da fecundação, os gâmetas originam zigotos diplóides que se desenvolvem em indivíduos adultos que na maturidade irão, por sua vez, produzir gâmetas, recomeçando o ciclo. Neste ciclo, a haplofase está reduzida aos gâmetas e a diplofase inclui o organismo adulto.

Digitalizada com CamScanner



10. Ciclo da vida de um mamífero.

Influência do ambiente sobre os genes

Nenhum gene actua sozinho. Os genes interagem uns com os outros e também com o ambiente que influencia a sua expressão.

Um caso comum é a sensibilidade dos genes à temperatura. Os gatos de raça siamesa, por exemplo, apresentam as extremidades – focinho, orelhas, cauda e pés – mais escuras do que o resto do corpo. O gene para a síntese de melanina é muito sensível à temperatura e, por isso, nas extremidades, onde a temperatura é mais baixa, há uma maior síntese deste pigmento que dá cor ao pêlo. Nas partes mais quentes do corpo, o pêlo é mais claro, porque a síntese de melanina é muito reduzida.

11. Gato siamês.

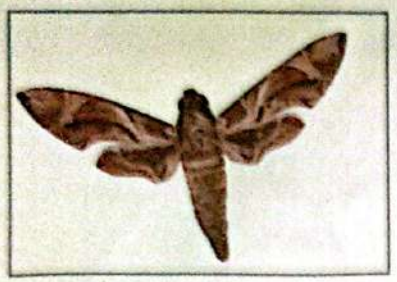
A determinação genética do sexo em várias espécies

Em muitos organismos, o sexo é determinado por cromossomas específicos chamados cromossomas sexuais.

No ser humano e nos outros mamíferos, os cromossomas sexuais são X e Y. Um indivíduo que possua dois cromossomas X é do sexo feminino (XX) e um que possua um cromossoma X e um Y é do sexo masculino (XY). Diz-se então que a determinação do sexo no ser humano é do tipo XY.

12. Leopardo.

Digitalizada com CamScanner



13. Traça.

14. Gafanhoto.

As fêmeas são homogaméticas, produzindo apenas gâmetas X, e os machos são heterogaméticos, produzindo dois tipos de gâmetas, X ou Y.

No entanto, isto não acontece em todos os organismos. Por exemplo, em alguns pássaros, peixes e traças, a fêmea é heterogamética e designa-se, geralmente, ZW, para não se confundir com o sistema XY atribuído aos mamíferos. Os machos destas espécies são homogaméticos, designados como ZZ.

Algumas espécies de insectos, como os gafanhotos, não possuem cromossoma Y. As fêmeas têm um par de cromossomas (XX) e os machos têm apenas um cromossoma (X).

Determinação ambiental do sexo

15. *Bonellia viridis.*

Em alguns animais inferiores, a determinação do sexo não é genética, depende de factores do meio ambiente.

Os machos e as fêmeas têm genótipos semelhantes, mas os estímulos de origem ambiental dirigem o desenvolvimento para um sexo ou para outro.

No caso do verme marinho *Bonellia viridis*, alguns vermes jovens são atraídos pelas fêmeas adultas e transformam-se em machos, migrando para o aparelho reprodutor feminino, onde se tornam parasitas.

Sem este estímulo, os vermes jovens desenvolvem-se em fêmeas.

Manipulação genética realizada pelo ser humano

16. *Saccharomyces cerevisiae.*

Antigamente, a produção de insulina a ser utilizada pelo ser humano era feita a partir de animais, especialmente o porco. Na altura, para obter 4,5 kg de insulina era necessário sacrificar 250 000 animais, dos quais se obtinham 27 toneladas de pâncreas.

Actualmente, 50% da insulina humana presente no mercado é produzida pela levedura de cerveja *Saccharomyces, cerevisiae* geneticamente transformada para realizar essa produção.

O genoma da levedura de cerveja foi o primeiro de um organismo eucariótico a ser estudado, em 1996.

Digitalizada com CamScanner

A

Ácido desoxirribonucleico (DNA) – ácido nucleico constituído por desoxirribonucleótidos.
Ácido nucleico – polímero celular em que as unidades básicas que os constituem são nucleótidos.
Ácido ribonucleico (RNA) – ácido nucleico constituído por ribonucleótidos.
Aerossóis – partículas muito finas, sólidas ou líquidas, em suspensão num gás.
Alelo – forma alternativa de um gene. Refere-se a uma de duas ou mais formas diferentes de um gene que podem ocorrer num determinado *locus* de um par de cromossomas homólogos.
Área protegida – espaço destinado à conservação de certos aspectos naturais (biológicos e/ou geológicos).
Ásteres – estruturas características das células animais em divisão, constituídas por fibrilas proteicas com disposição radiada a partir dos centríolos. Os ásteres materializam os pólos da célula.
Aterro sanitário – local de deposição controlada de resíduos sólidos, como, por exemplo, os de origem urbanal.
Autossomas – todos os cromossomas que constituem o cariótipo, com excepção dos cromossomas sexuais. Na espécie humana são 22 pares.

B

Bases complementares – bases cuja estrutura permite o emparelhamento pelo estabelecimento de ligações químicas. A adenina é complementar da timina e a guanina é complementar da citosina.
Biodiversidade – conjunto de seres vivos presentes em todos os meios.
Biosfera – conjunto de todas as áreas da Terra onde existe vida.
Bipartição – processo de reprodução assexuada em que um indivíduo se divide em dois, sensivelmente iguais.
Bivalente – cada par de cromossomas homólogos emparelhados durante a meiose.

C

Cadeia trófica – sequência de seres vivos que se inter-relacionam pelo alimento, em que os indivíduos de cada nível trófico se alimentam dos indivíduos do nível trófico que os precedem e servem de alimento aos seres vivos do nível trófico seguinte.
Cariótipo – conjunto de cromossomas de uma célula. É também usado para referir a distribuição padronizada dos cromossomas metafásicos, tendo em conta o número, a morfologia e as dimensões desses cromossomas.
Célula – unidade básica de estrutura e de função dos seres vivos.
Célula diplóide – célula cujo núcleo possui pares de cromossomas homólogos.
Célula haplóide – célula cujo núcleo não apresenta cromossomas homólogos.
Centríolos – estruturas cilíndricas constituídas por microtúbulos altamente organizados, possuindo cada centríolo nove conjuntos de três microtúbulos.
Chuva ácida – chuva com maior acidez do que o normal, devida à introdução na atmosfera de poluentes com origem antrópica (indústria e transportes rodoviários).
Ciclo da matéria – percurso de substâncias químicas constituintes dos seres vivos, com passagem pelo meio abiótico, sendo novamente integradas nos seres vivos.
Ciclo hidrológico (ciclo da água) – movimento cíclico da água na Natureza, passando por diferentes reservatórios que incluem águas superficiais, águas subterrâneas, solos, seres vivos e atmosfera.
Citocinese – distribuição do citoplasma pelas células-filhas na divisão celular.
Codão – tripleto do RNA mensageiro que codifica um determinado aminoácido ou o início ou o fim da síntese de proteínas.
Código genético – "linguagem" que a célula utiliza na transferência da informação genética (DNA, RNA) e expressão dessa informação em proteínas.
Consumidor – ser vivo que se alimenta de outros seres vivos ou de produtos por eles elaborados.
Criacionismo – visão fixista que explica o aparecimento das diferentes espécies através de um acto de criação especial.
Cromatídio – componente de um cromossoma contendo uma molécula de DNA.
Cromossoma – estrutura celular que é suporte da informação genética. É constituído por nucleofilamentos que ao condensar se tornam visíveis e mito.
Crossing-over – troca de segmentos entre cromatídios de dois cromossomas homólogos.

D

Darwinismo – teoria explicativa da biodiversidade baseada na actuação da selecção natural sobre a variabilidade dos indivíduos.
Decompositor – ser vivo que obtém o seu alimento através da decomposição de organismos mortos ou partes de organismos.

Digitalizada com CamScanner

Desenvolvimento sustentável – desenvolvimento que satisfaz as necessidades das gerações presentes sem comprometer as necessidades das gerações futuras.
Desflorestação – destruição intensiva das florestas.
Di-hibridismo – cruzamento entre indivíduos que diferem por dois pares de caracteres.
Diplofase – conjunto de estruturas diplóides do ciclo de vida de um ser, que se inicia com a fecundação e termina com a meiose.
Diplonte – organismo cujo ciclo de vida decorre na diplofase e em que somente os gâmetas são haplóides.
Dominância incompleta – designação atribuída às situações em que os alelos de um par se expressam ambos parcialmente. Surge assim um fenótipo intermediário em indivíduos heterozigóticos em relação ao gene considerado.

A

Ecossistema – conjunto formado pelos seres vivos que habitam numa determinada áerea, pelo meio que ocupam e pelas relações que entre eles se estabelecem.
Engenharia genética – técnica que permite a intervenção no genoma de um organismo construindo novos genomas por recombinação de segmentos genómicos de um mesmo ou de diferentes cromossomas.
Espécie – conjunto de indivíduos muito semelhantes que se cruzam entre si, originando descendentes férteis.
ETAR – Estação de tratamento de águas residuais.
Eucariótica (célula) – célula com organização estrutural complexa, possuindo núcleo organizado, onde se localiza o material genético.
Evolução – variação contínua da diversidade e da adaptação das populações de seres vivos ao longo do tempo. De um modo geral, corresponde a um aumento progressivo da complexidade.
Exões – sequências de nucleótidos codificáveis.

F

Factor Rh – antigene específico presente nas membranas das hemácias de certos primatas.
Factores abióticos – factores físico-químicos do meio que interactuam com os seres vivos.
Factores bióticos – factores relativos às interacções estabelecidas entre os seres vivos.
Fenótipo – características observáveis de um organismo, morfológicas ou funcionais, que resultam da interacção entre o genótipo e o ambiente.
Fixismo – modelo explicativo da biodiversidade que estabelece que as espécies se mantêm imutáveis ao longo do tempo, sendo independentes quanto à sua origem.
Fósseis sintéticos – fósseis que reúnem características que pertencem na actualidade a grupos taxonómicos diferentes.

G

Gametogénese – conjunto de fenómenos que ocorrem nas gónadas e que conduz à formação de gâmetas.
Gene – unidade de informação genética que ocupa um determinado *locus* de um cromossoma.
Genoma – conjunto de genes que constitui a informação genética de um indivíduo.
Genótipo – constituição genética de um organismo em relação às características consideradas.
Geração espontânea – teoria fixista que explica o aparecimento das espécies a partir de associações especiais de matéria inerte em condições propícias.
Grupos sanguíneos – tipos de sangue determinados pela presença ou ausência de certos antigenes ao nível das membranas das hemácias.

H

Habitat – local onde vive o conjunto de indivíduos que constitui a comunidade.
Haplodiplonte – organismo em que a haplofase e a diplofase são bem diferenciáveis.
Haplonte – ser vivo cujo ciclo de vida ocorre na haplofase, sendo o ovo a única célula diplóide.
Híbrido – planta ou animal que resulta do cruzamento entre indivíduos pertencentes a duas linhas puras fenotipicamente diferentes.

I

Impacte ambiental – conceito referente a qualquer modificação das condições ambientais, adversas ou benéficas, provocadas ou induzidas pela acção ou conjunto de acções antrópicas.
Intrões – sequências de nucleótidos não codificáveis.

L

Lamarckismo – teoria evolucionista que explica a diversidade específica através da lei do uso e do desuso e da herança dos caracteres adquiridos.

M

Meiose – processo de divisão nuclear através do qual um núcleo diplóide origina quatro núcleos haplóides.

Digitalizada com CamScanner

Mitose – processo que decorre na divisão do núcleo das células eucarióticas, pelo que se formam núcleos com o mesmo número de cromossomas do núcleo inicial.
Mono-hibridismo – cruzamento entre indivíduos que diferem pelas formas alélicas de um par de genes.
Mutação – alteração brusca no genoma de um indivíduo.

N

Neodarwinismo – teoria da evolução que explica o aparecimento das espécies por mutações e recombinações génicas triadas por selecção natural.
Nucleótido – unidades básicas que constituem os ácidos nucleicos. Cada um é constituído por um grupo fosfato, uma pentose e uma base azotada.

O

Oócito – gâmeta feminino animal.
Oogénese – processo de formação dos gâmetas femininos animais que ocorrem nos ovários.
Oogónias – células diplóides a partir das quais se inicia a oogénese.

P

Partenogénese – processo de reprodução em que um gâmeta feminino se desenvolve sem ter havido fecundação.
Pirâmide ecológica – diagrama que representa a estrutura trófica de um ecossistema, em que a base é relativa aos produtores e os sucessivos níveis de consumidores conduzem ao vértice.
Poluição – impactes ambientais indesejáveis devido à presença de matéria ou energia, em regra de origem antrópica, cujos efeitos nefastos são devidos quer à sua quantidade quer à sua concentração.
Pontos de quiasma – pontos de cruzamento que se estabelecem entre cromatídios de cromossomas homólogos, sobretudo durante a meiose.
População – conjunto de seres vivos da mesma espécie que vivem numa certa área em determinado período de tempo.
Procariótica (célula) – célula com estrutura muito simples, caracterizada pela ausência de um núcleo individualizado e com um número muito reduzido de organelos celulares.
Produtor – ser vivo que elabora matéria orgânica a partir de substâncias inorgânicas que retira do meio na presença de uma fonte de energia.

R

Reciclagem – transformação de materiais para extrair os elementos úteis que possuem, sendo empregues em novos produtos.
Relação interespecífica – relação entre seres vivos de espécies diferentes.
Relação intra-específica – relação entre seres vivos da mesma espécie.
RNA de transferência (tRNA) – molécula de ácido ribonucleico que selecciona e transporta um aminoácido adequado e reconhece o codão correspondente do mRNA.
RNA mensageiro (mRNA) – molécula de ácido ribonucleico transcrita a partir de uma cadeia de DNA, que transporta a mensagem para a síntese de proteínas.
RNA ribossómico (rRNA) – molécula de ácido ribonucleico constituinte dos ribossomas (organelos onde é traduzida a mensagem de mRNA).

S

Selecção artificial – tipo de selecção em que o ser humano é o agente da selecção.
Selecção natural – tipo de selecção pelo qual os indivíduos que possuem qualquer vantagem adaptativa em relação aos restantes num determinado tempo e ambiente se vão tornando mais frequentes.
Ser pluricelular – ser vivo constituído por várias células, que se associam entre si.
Ser unicelular – ser vivo constituído por uma única célula, que desempenha todas as actividades vitais.
Ser vivo – ser que utiliza matéria e energia do meio, necessárias à sua manutenção e crescimento, que reage a alterações do meio e que se reproduz.
Síndrome – conjunto de sintomas que ocorrem juntos caracterizando uma doença.
Sistema ABO – grupos sanguíneos determinados por um gene que pode assumir três formas alélicas: I^A, I^B e i.
Sistema Rh – sistema caracterizado pela existência de um alelo que determina o aparecimento do factor Rh.

T

Teia alimentar – conjunto de cadeias alimentares que se inter-relacionam.
Tradução – transformação da mensagem contida no mRNA numa sequência de aminoácidos que constituem uma cadeia polipeptídica.
Transcrição – síntese de moléculas de RNA, em presença de RNA polimerase, por complementaridade com uma cadeia de DNA.

Digitalizada com CamScanner

BIBLIOGRAFIA

Uzumian, A. e Birner, E. – *Biologia*, volume único, 2.ª edição, 2004, Editora HARBRA, São Paulo, Brasil

Amabis, J. e Martho, G. – *Biologia das Células*, Vol. 1, 1.ª Edição, 1995, Editora Moderna, Lda., São Paulo, Brasil

Amabis, J. e Martho, G. – *Biologia das Células*, Vol. 3, 1.ª Edição, 1995, Editora Moderna, Lda., São Paulo, Brasil

Silva Júnior, César e Sasson, Sezar – *Biologia 1*, 8.ª Edição, 1992, Atual Editora Lda., São Paulo, Brasil

Silva Júnior, César e Sasson, Sezar – *Biologia 3*, 6.ª Edição, 1992, Atual Editora Lda., São Paulo, Brasil

Silva, Amparo D. S. *et al.* – *Terra, Universo de Vida*, 1.ª Parte, Biologia e Geologia 11.º Ano, Livro do Professor, Porto Editora, Porto, Portugal, 2004

Domingues, H. *et al.* – *Terra Mãe CN*, Terra no Espaço, 3.º ciclo, Texto Editora Lda., Lisboa, Portugal, 2002

Griffiths, A. *et al.* – *Introdução à Genética*, 7.ª Edição, 2002, Editora Guanabara Koogan S. A., Rio de Janeiro, Brasil

Garner, E. e Snustad, P. – *Genética*, 7.ª Edição, 1986, Editora Guanabara Koogan S. A., Rio de Janeiro, Brasil

Roque, M. Ferreira, M. A. e Castro, A. – Biologia 12.º Ano, I Parte, Porto Editora, Porto, Portugal, 1995

Roque, M. e Castro, A. – *Biologia* 12.º Ano, 1.º e 2.º volume, Porto Editora, Porto, Portugal

Silva, Amparo D. S. *et al.* – *Terra, Universo de Vida*, 1.ª Parte, Biologia 11.º Ano, Porto Editora, Porto, Portugal, 2008

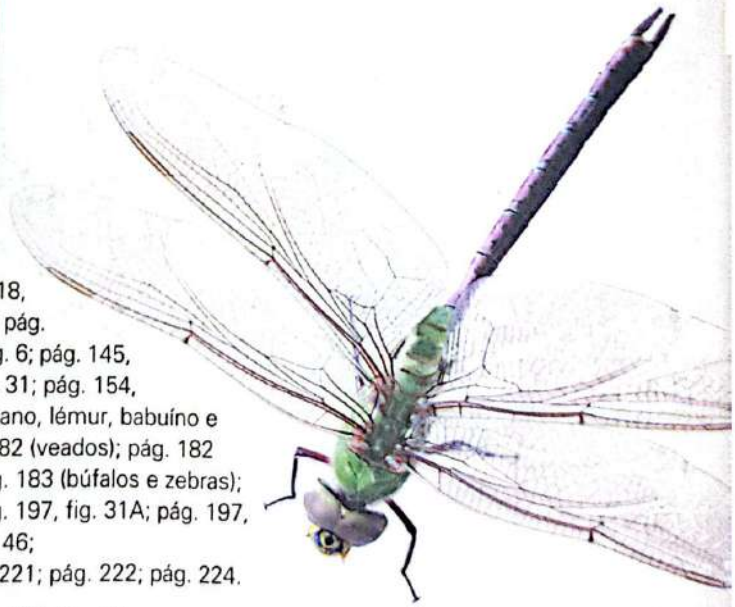
Silva, Amparo D. S. *et al.* – *Biologia, Ciência da Vida* 11.º Ano, Porto Editora, Porto, Portugal, 1991

CRÉDITOS FOTOGRÁFICOS

©Shutterstock.com: capa; págs. 2 e 3; págs. 8 e 9; pág. 37, fig. 39; págs. 68 e 69; pág. 70, fig. 1; pág. 94, fig. 33; pág. 96; pág. 103, fig. 46; pág. 118, fig. 66; pág. 118, fig. 68; pág. 119, fig. 69; pág. 121, fig. 71; pág. 122, fig. 72; pág. 129, fig. 79; pág. 130, fig. 81; págs. 132 e 133; pág. 137, fig. 6; pág. 145, fig. 21B; pág. 147, fig. 25; pág. 149, fig. 29; pág. 151, fig. 31; pág. 154, fig. 36B; pág. 158, fig. 43 (orangotango, macaco-sul-africano, lémur, babuíno e gorila); pág. 173, fig. 67; pág. 176; pág. 180, fig. 4; pág. 182 (veados); pág. 182 (pinguins); pág. 183 (leão e búfalo); pág. 183 (abelha); pág. 183 (búfalos e zebras); pág. 184 (carraça); pág. 185, fig. 11; pág. 186, fig. 14; pág. 197, fig. 31A; pág. 197, fig. 31B; pág. 197, fig. 32; pág. 201, fig. 39; pág. 205, fig. 46; pág. 209, fig. 52; pág. 210, fig. 53; pág. 220, fig. 14; pág. 221; pág. 222; pág. 224.

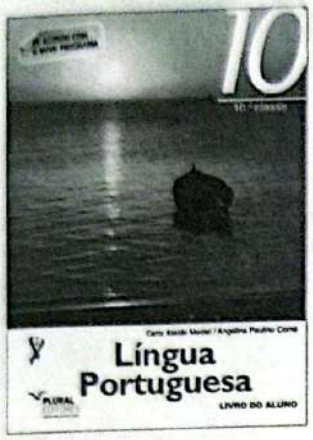
©istockphoto.com: pág. 36, fig. 37; pág. 195, fig. 26; pág. 197, fig. 32.

©1000bananas: pág. 87, fig. 21.



Digitalizada com CamScanner

Títulos disponíveis para a 10.ª classe



Digitalizada com CamScanner

Símbolos da República de Moçambique

BANDEIRA

EMBLEMA

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 ondulando 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

10.ª classe

Biologia

Cecília Noronha / Celeste Mondego / Teresa Murta

LIVRO DO ALUNO

PLURAL EDITORES
www.pluraleditores.co.mz
ISBN 978-989-611-177-9
09594.14

Digitalizada com CamScanner